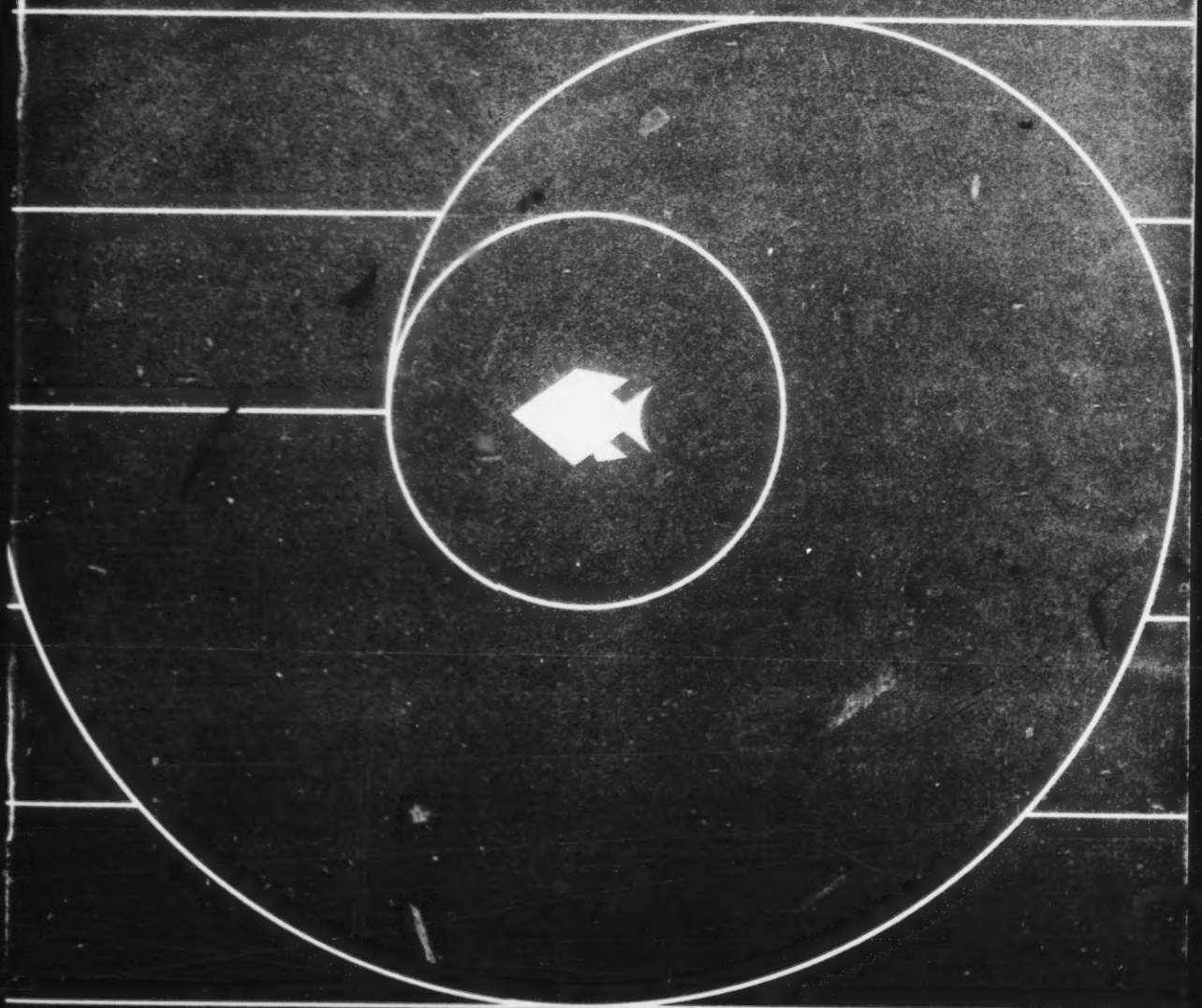
Science for Canada's Fisheries
Conservation Needs
in the Future



6-03077/

The Fisheries Research Board of Canada Reports series encompasses studies, symposia, and special reports.

Report No. 1 — "The Way Ahead" Symposium on the 75th Anniversary of the Fisheries Research Board of Canada.

Report No. 2 — The Fisheries Research Board of Canada — Seventy-Five Years of Achievements. By W. E. Ricker.

Report No. 3 — Science for Canada's Shelf-Seas Fisheries. By H. A. Regier and F. D. McCracken.

Report No. 4 — Biological Oceanography in Canada: A Perspective and Review. By T. R. Parsons.

Report No. 5 — Natura Naturans: A Symposium on the Fry Paradigm.

Report No. 6 — Structured Aquaculture Development with a Canadian Perspective. By G. I. Pritchard.

Report No. 7 — Science for the Scattered Fisheries of the Canadian Interior. By H. A. Regier.

Report No. 8 — Physical Oceanography in Canada. By C. R. Mann.

Report No. 9 — Chemical Oceanography in Canada. By C. R. Mann.

Published by

Fisheries and Environment Canada

Fisheries and Marine Service

Scientific Information and Publications Branch

Ottawa K1A 0H3

Publié par

Pêches et Environnement Canada

Service des pêches et des sciences de la mer

Direction de l'information et des publications scientifiques

© Minister of Supply and Services Canada 1976

Available by mail from:

Printing and Publishing
Supply and Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

or through your bookseller

Catalogue No. FS 97-10/10
ISBN 0-660-00679-0

Price: Canada $3.00
Other countries $3.60

Price subject to change without notice.

Contract No. OKT6-2772

Printed by:
Phase 1 Printing Limited
Mississauga, Ontario

FRB REPORT

Science for Canada's Fisheries Rehabilitation Needs[1,2]

K. H. LOFTUS

Ontario Ministry of Natural Resources, Fisheries Branch, Toronto, Ont.

Contents

2 ABSTRACT

2 RÉSUMÉ

2 INTRODUCTION

3 STORIES OF SOME IMPORTANT FISHERIES
- On the west coast
- On the east coast
- In the freshwater area

16 A SUMMARY OF STORIES

17 THE STOCK CONCEPT

20 REHABILITATION VS. SEA RANCHING (FISH FARMING)

21 SCIENCE NEEDS FOR FISHERIES REHABILITATION
- Fish stock manipulations
- Manipulating the habitat
- Some more general needs

31 SUMMARY AND RECOMMENDATIONS

32 ACKNOWLEDGMENTS

32 REFERENCES

[1] Reprinted from the *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 1976, 33(8): 1822–1857.

[2] This report was prepared under contract for the Fisheries Research Board of Canada. The views expressed are those of the author and not necessarily those of the Board.

Abstract

LOFTUS, K. H. 1976. Science for Canada's fisheries rehabilitation needs. FRB Report No. 10: 1–36.

A brief, generalized review of the current status of salmonid fisheries on the west and east coasts, and of selected representative waters in the freshwater area is presented. It is concluded that many fish communities and/or fish stocks are depressed, collapsed, or extinct as a result of severe stresses imposed directly, or indirectly, by man's activities. Rehabilitation of fish stocks and fish communities to levels approximating those of early years, and to levels capable of supporting more stable yields to meet growing client requirements appears practical. The need for explicit policy decisions with regard to sea ranching and rehabilitation as options for approaches to increasing fish abundance is stressed. Rehabilitation of stocks and communities will require additional science in areas such as hatching, rearing and selective breeding, fisheries engineering, and in the more precise definition of natural productive capacity of waters. Effective fisheries rehabilitation programs, and fisheries management generally, require: development of fisheries information systems; an adaptive or experimental approach; more social and economic data; synthesis and communication of science available; and fundamental reconsideration of the traditional institutional arrangements for fisheries work. Some important fisheries rehabilitation programs, carefully planned and assessed, can proceed immediately with confidence in their success; others must await improvement in water quality.

Résumé

LOFTUS, K. H. 1976. Science pour la réhabilitation des pêches canadiennes. FRB Report No. 10: 1–36.

L'auteur présente une brève revue généralisée de l'état actuel des pêcheries de salmonidés sur les côtes occidentale et orientale, et dans quelques nappes d'eau douce représentatives du domaine continental. Il en conclut que plusieurs communautés et/ou stocks de poissons sont affaiblis, affaissés ou éteints comme résultat des sérieuses contraintes imposées directement ou indirectement par les activités humaines. Il semble pratique de réhabiliter les stocks et les communautés ichtyologiques à des niveaux se rapprochant de ceux des années précédentes et à des niveaux capables de fournir des rendements plus stables de façon à pouvoir satisfaire une demande accrue de la part des clients. On insiste sur le besoin d'une décision explicite sur le choix entre l'élevage en mer et la réhabilitation comme moyens d'augmenter l'abondance du poisson. La réhabilitation des stocks et des communautés nécessitera plus d'effort scientifique dans des domaines tels que pisciculture, élevage, croisements sélectifs, génie des pêches, de même qu'une définition plus précise de la capacité de production naturelle des eaux. Des programmes efficaces de réhabilitation des pêches et de gestion en général requièrent des systèmes d'information; une approche adaptive ou expérimentale; plus de données sociales et économiques; des moyens de synthétiser et de communiquer les résultats de la science; et une reconsidération fondamentale de l'organisation traditionnelle des institutions œuvrant au domaine des pêches. Quelques programmes importants de réhabilitation des pêches, planifiés et évalués avec soin, peuvent être mis à exécution dès maintenant, en toute confiance quant à leur succès; d'autres devront attendre que soit améliorée la qualité de l'eau.

Accepted April 15, 1976

Introduction

A broad overview of the major issues confronting Canadian fisheries scientists was presented by Regier and McCracken (1975) as a framework within which to discuss the science needed in the management of Canada's shelf-seas fisheries. That overview is also a useful introduction to this perspective of the science needed for fisheries rehabilitation. Explicit recognition of rehabilitation as a major thrust within the new approach to fisheries management seems necessary.

To develop this perspective on the science needs for fisheries rehabilitation, the author briefly reviewed the current status of selected stocks and fish communities and attempted to assemble best judgments about the causes for their depressed states. The first half of this report presents the reviews for salmon stocks, with emphasis on west coast salmons, and for freshwater fish communities with emphasis on the Great Lakes. These selections are presented as examples thought to be representative of what has happened, and what is continuing to happen, to fish communities across the country.

This perspective takes it for granted that fisheries rehabilitation is appropriate and does not

enter that discussion. For Pacific salmon the case for rehabilitation appears to have been made (Larkin 1975), at least from the fisheries point of view. In the Great Lakes the current program of sea lamprey control, an integral component of a rehabilitation program, attests to the fact that this case has also been justified.

Because water quality considerations in many instances are prerequisite to fisheries rehabilitation programs, it has been difficult to entirely avoid straying to that topic which is the subject of a separate study in this series.

Stories of Some Important Fisheries

On the West Coast

Exploitation of salmonids on the west coast by commercial fishermen began on the Fraser River sockeye in the mid-1800s. Small boats, using sails for power and gillnets as gear, worked in or very close to the river and their harvest was salted in barrels for export. The development of the hermetically sealed can in 1870, and the arrival of power boats in the 1920s were events of major significance in the growth of the industry. By the end of the 1920 decade all five salmon species were being exploited and some of the more readily accessible stocks were being overfished. A purse-seine fishery for pinks and chums, and a troll fishery for coho and chinook emerged in addition to the gillnet fishery for sockeye. Fishermen were quick to identify the catching gear most appropriate to the characteristics of the various species. The concentrations of salmon associated with their homing at spawning time, particularly precise in the sockeye, have rendered them highly vulnerable to overexploitation. Management techniques have, therefore, tended to concentrate on arrangements to provide for adequate escapement of spawners to the rivers. In very general terms the stocks from most rivers are mixed at sea and it is not presently possible to selectively fish any one stock. As the stocks move in and along shore with the approach of spawning season, segregation is progressive in both time and space, becoming essentially complete only at the appropriate river mouth. Inshore lines, within which fishing is prohibited, have been established on the basis of average migration routes, and salmon which arrive inshore of these lines constitute the "spawning-escapement." An offshore line, outside of which no salmon fishing is allowed (except by trollers for coho and chinook), precludes the harvests of stocks when they are still actively growing and when they are intermingled. These two lines and a tightly controlled fishing season improve the opportunity for controlled and selective exploitation of the salmon as they move inshore and segregate in approaching their natal streams.

Since about 1950, technological improvements in the commercial industry have sharply increased the fishing power even in the face of license limitations. The response by management generally has been to increase the sanctuary areas, and to reduce the number of days and/or hours when fishing is permitted. During this recent period also the recreational fisherman has emerged as a significant "client," particularly for coho and chinook stocks.

The stock concept, long implicit in the statements and recommendations of managers and research people, has become explicit (Ricker 1972) thereby placing on management the responsibility for a degree of finely tuned, stock-by-stock control that is essentially an order of magnitude beyond which they and the industry have become accustomed.

During the period of fishery development, other events significant to salmon abundance have "progressed" apace. Forest industry operations have included small dam construction and extensive road building in addition to the obvious prime target of tree removal. As a result some stocks have been denied access to their "home" tributary and others have suffered poorer reproductive success by virtue of sedimentation and/or modified stream flow patterns. Mining developments have had similar impacts. Hydro electric power developments in many instances have modified stream and river flow patterns and major dams and diversions have eliminated some major runs. The salmon vs. power story in the northwestern United States is particularly vivid. There, as a result of having lost most of the productive capacity of freshwater nursery areas, agencies have opted for the "sea ranching" as opposed to "rehabilitation" approach to increasing salmon stocks. The present level of pollution of municipal and industrial origin in the Fraser River estuary must now be a matter of serious concern.

The event which became famous in salmon literature as "Hell's Gate" has now been largely removed and/or circumvented and most, if not all, stocks which it temporarily barred from their spawning grounds have been reestablished. A serious slide on the Babine River in the early 1950s caused a decline of Skeena River stocks, but prompt action has provided for reestablishing the runs. Many less spectacular, but similar slides have occurred elsewhere but corrective measures have not been effected to date.

The net result of the foregoing kinds of development has been an average total commercial salmon catch for the period 1962–71 of about 150 million pounds. Ricker (1962) suggested that west coast waters have the potential of producing about double the current production level: 300 million pounds. Harvests in the early 1900s were probably of that order of magnitude.

Sockeye — Sockeye (*Oncorhyncus nerka*) was the first of the Pacific salmon species to be heavily exploited because of its availability at the Fraser, and because of its high value as a canned product. The average catch of sockeye from the Fraser River alone during the 16 years prior to the Hell's Gate slide in 1913 was in the order of 70 million pounds. Much of the rock was removed from Hell's Gate by 1915 permitting the renewed ascent of a number of stocks. Fishways, completed in 1946 by the International Pacific Salmon Fisheries Commission, provided further correction to the obstruction and additional stocks, particularly early and midseason runs, became reestablished over several years. Some stocks are thought to have been lost as a result of the slide, and several have yet to completely recover (Ricker 1972). Current annual sockeye harvests are well below half the original harvest levels.

Other important sockeye-producing river systems include Smith Inlet, Rivers Inlet, Skeena, and Naas. Smaller runs are scattered along the mainland and around Vancouver Island. Most stocks have recently been providing harvests amounting to no more than half of earlier harvest levels.

Sockeye mature mainly in their fourth year in southern British Columbia and in either their fourth or fifth year in central and northern regions. Typically, incubation takes place in stream situations and the fry move to "nursery" lakes for the first year, before moving downstream for 2 to 4 years in the ocean.

In the Fraser River, estimates of the numbers of spawners in important streams have been recorded annually by the B.C. Department of Fisheries, by the Canada Department of Fisheries, and most recently by the International Pacific Salmon Fisheries Commission. Originally upwards of 40 stocks of sockeye used the river and were reared in lakes from Coquitlam and Pitt near tidewater to Takla at the head of the Nechako–Stuart system. Ricker (1972) states, "Some stocks have been exterminated by power and other dams (Coquitlam, Alouette), some disappeared following the obstruction of the river by rock slides in 1913–14 (Salmon River, Eagle River, Upper Adams River) and one (Chilliwack Lake) has not been reported since 1935 and may no longer exist." Killick (1955) described the migration times of a number of the major Fraser stocks in some detail. Various other authors' works describing morphological differences between stocks are reviewed by Ricker (1972).

Skeena River sockeye include at least 20 stocks even though there is only one major nursery lake in the system. There are scattered references in other literature and in project proposals which make it clear that discrete stocks are characteristic of sockeye wherever they occur.

The available documentation strongly indicates that at the turn of the century, when stocks of sockeye were at substantially higher levels than they are now, many discrete stocks were present. Some stocks are known to have been lost; others persist, but at much reduced levels. It is not certain how many stocks are involved in these categories because the records of stock identity were established only relatively recently. It is also recognized that some "nursery" lakes are carrying fewer young salmon than they are capable of rearing. These two facts and the general life history characteristics of the species prescribe the science needed for rehabilitation. We need to be confident that we know the rearing capacity of the nursery lakes. The available or potentially available capacity of the nursery lakes can be used to produce more smolts. To use this capacity, fry production needs to be increased, preferably by reestablishing stocks which have been lost, by rehabilitating stocks that are at low levels, and/or establishing spawning channels to increase the fry production from runs which now use the lake for rearing. The latter alternative is likely the least certain method, though possibly the most appealing, because it assumes that any kind of fry will do the job. Except in cases where natural barriers were and continue to be the factor limiting reproduction, and hence full utilization of nursery lakes, it seems likely that in the long term the surest bet is that of reestablishing the stocks which evolved earlier.

Pink — Pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) came under direct exploitation at the Fraser River as an alternative to the up-river sockeye stocks that collapsed as a consequence of the Hell's Gate slides. Production of pinks was as high as 110 million pounds in 1917 and averaged about 70 million pounds in the first few cycle years following 1913. These pink stocks, affected by the slide and by heavy exploitation, declined in the 1920s to about half their earlier abundance levels and the industry

moved north to intercept other runs. In these new waters the even year runs provided an average of 80 million pounds for several years. Total catches of pinks during the 1960 decade averaged about 60 million pounds per year, reflecting some overall improvement from slightly lower catches during the 1940 and 1950 decades. Ricker (1962) suggests that the average catches have been achieved partly by the fishing-up process, and that many stocks have been considerably depressed. Ricker (1962) and other west coast salmon workers recently (R. McLeod, personal communication) feel that pink harvests could be doubled to at least 100 million pounds per year by more intensive management and by successful rehabilitation projects.

The up-river pink stocks in the Fraser have not yet fully recovered from the effects of the Hell's Gate slides, and some down-river stocks have been depressed by the combined effects of exploitation, siltation, dredging, and by modified stream flow patterns. Some northern stocks are depressed for some of the same reasons. There is also optimism that significant "off-year" runs of pinks can be established in the Fraser River and in the Queen Charlotte Islands runs.

Pink salmon mature in their second year and, at maturity, they average about 5 pounds in the southern and about 4 pounds in the northern part of British Columbia. The Fraser and other southern streams, have dominant runs in odd-numbered years. Most Queen Charlotte Islands streams have dominant runs in even-numbered years, odd-numbered years having very few pinks. In most other regions, there seems to be no pronounced pattern of dominance during one set of years over the other. Pinks spawn in appropriate stream situations which may occur in the intertidal zone, in downstream tributaries such as the Chilliwack and Harrison Rivers (IPSFC 1972), or in the larger streams such as the Fraser and Thompson rivers several hundred miles upstream. The young move downstream to saltwater as fry. There is ample evidence that the stock concept, thoroughly documented for sockeye, is also characteristic of pinks (Ricker 1972).

"The environmental factors apparently influencing the production of Fraser River pink salmon have been discussed in the 1967 and 1969 Annual Reports of the International Pacific Salmon Fisheries Commission. Natural variations in the environment at the spawning grounds during the period from spawning to emergence of fry have resulted in survival from eggs to fry ranging from 9.2 to 18.4%. Variations in environment during the remainder of the life cycle to returning adults have resulted in yields ranging from 1.14 fish to 10.70 fish per spawner. The data indicate a relatively stable environment at the spawning ground, and a relatively variable environment in the estuarial and marine rearing areas." (IPSFC 1972, p. 70)

Rehabilitation opportunities may be realized by: (a) improving spawning and incubation facilities for those runs that have suffered from siltation, dredging, and water flow irregularities (stream flow stabilization is most important), (b) expediting the reestablishment of runs depressed by events such as the slides at Hell's Gate, and (c) establishing off-year runs. Protection of water quality in the streams and estuaries and careful control of adequate spawning escapement are also prerequisites for rehabilitation.

Chum — It was not until the late 1920s that chum salmon (*Oncorhynchus keta*) were fished actively. Catches in the order of 70 million pounds were recorded for several years. Although this species has traditionally been of low economic value, recent changes appear to indicate a substantially higher value in the near future (F. Fraser, personal communication). Harvests have fluctuated considerably for many years, probably reflecting demand more than supply, and average annual harvests over the past decade have been in the order of 20 million pounds.

The spawning, incubation, and rearing needs for chums in fresh water are quite similar to those for pinks. Although the chums of the Yukon River move as far upstream as Teslin Lake, a distance of 2700 km (Gilbert and O'Malley 1921), generally chum stocks spawn downstream, relative to pinks. Very few spawning chums reach Babine Lake on the Skeena for example, and in the Fraser they rarely pass Hell's Gate (Ricker 1972). Young chum salmon make little or no demand on the stream habitat for food because, like pinks, they move to the estuaries at an early age. Their sea life, however, is much longer than that for pinks, usually maturing in their fifth year and at an average size of about 12 pounds. As in the sockeye, the chum salmon appears to be characterized by discrete stocks.

Opportunities for rehabilitating chum stocks are of the same general types as those suggested for pinks, except that there is no "off-year run" opportunity.

Coho — Extensive commercial fishing for coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) was established by the mid-1930s. Trolling developed early as the principal harvest method and remains so today, although some coho are taken by gillnets

and seines. The total commercial harvest, averaging about 25 million pounds, was relatively constant until about 1960 when a decline became evident. That relatively constant yield may have been a result of a fishing-up process on successive stocks (Ricker 1962), and was probably more apparent than real. During the 1960s and 1970s a recreational fishery has emerged in the Strait of Georgia and it now harvests in excess of 1 million pounds annually. Though sockeye have been for many years the most highly valued commercial species on a per-pound basis, coho have recently become equally, or slightly more, valuable. This increased commercial value, together with the substantially higher values on a per-pound basis usually attributed to sport-caught fish, create a high demand situation.

Spawning runs of coho enter most major river systems used by other salmon species, but they are somewhat unique in that they also use a great many small coastal streams and up-river tributaries of large rivers. Spawning and incubation requirements are generally similar to those of sockeye in that they spend a year after hatching in fresh water before going to sea as smolts. Unlike the sockeye, however, the freshwater period is usually spent in flowing water rather than in nursery lakes. In general they mature and return to spawn in the latter part of their third growing season as 7–8 pound fish.

The foregoing life history characteristics make the coho more susceptible than other salmon species to the stresses imposed by the extension of man's activities. Almost any alternative use of water, even in very small streams, has the effect of reducing coho smolt rearing capacity. Dams and diversions have had substantial effects on stocks using rivers such as Chekamus, Capilano, Coquitlam, Cowichan, Puntledge, and others (Ricker 1962). Summer flows have been modified by logging and agricultural practices and this effect, with sedimentation, has reduced the capacity of the streams to rear coho. Urban development, mining, and local use of DDT in forest spraying have also had impact on coho.

Enhancement opportunities for coho include (a) the construction of fishways to provide spawning coho access to upstream rearing areas which they are unable to reach because of natural barriers, or because of newly installed engineering works; (b) installation of flow-control structures to stabilize summer flows at higher than present levels; (c) use of extensive fish culture facilities (hatching and rearing to the smolt stage) to replace lost stream rearing capacity. It has also been suggested that increased poundage, if not numbers, of coho could be achieved by management arrangements that would delay the harvest of maturing coho.

Chinook — Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) became a regular part of the commercial salmon harvest in the 1930s at about the same time as coho. Catches have been relatively stable at about 15 million pounds annually until recently when a decline has become evident. Again the earlier relatively steady yields may have been more apparent than real by virtue of the fishing-up process. Recent landings are characterized by a reduced catch-per-unit effort and by fish of smaller size in the catch. A significant recreational fishery is now emerging for chinook similar in extent and location to that for coho.

Some chinook stocks have either been exterminated or are at precarious levels at the present time: Nechako and Bridge River stocks on the Fraser (Ricker 1972) and the Pungledge River stocks (Ricker 1962).

Spawning runs of chinook are much less numerous than coho in that they use only medium and large river systems. Some of the largest runs in the United States (the San Joachim, Sacramento, Klamath, and Columbia River stocks) have been decimated or completely lost as a result of industrial developments, principally dam construction. The ample literature concerning these stocks, and to a lesser extent reports based on British Columbia stocks, demonstrates that chinook populations are made up of many discrete stocks. Spawning runs tend to be widely separated seasonally.

In general the demands made on the stream system by chinook are intermediate between those made by coho on the one hand, and by pinks and chums on the other. Characteristically, young chinook remain in the streams, feeding actively for several weeks before moving to the estuaries during summer or early autumn. Most chinook mature during their third growing season at sea and return at sizes ranging up to 60 pounds or more. Some mature and return during their second growing season and are known as "jack springs."

Enhancement opportunities for chinook include (a) construction of fishways to provide access to upstream spawning and rearing areas which are not now available because of natural or man-made barriers; (b) installation of flow-control structures as for coho; (c) use of fish culture facilities suitable for rearing to the advanced fingerling stage, essentially a substitution for the natural stream environment.

Steelhead — The native range of steelhead (*Salmo gairdneri*) is similar to that for salmon:

most streams used by spawning salmon are also used by spawning steelheads. In some larger watersheds there have developed stocks of rainbow trout which complete their life cycle in fresh water, substituting lakes for the sea during their postsmolting years of major growth. The popularity of the species among anglers, and its relatively easy culture and modest water quality demands, has led to its introduction to many areas outside its native range (MacCrimmon 1971). Almost all introductions that have become self-sustaining (e.g. Great Lakes), complete their life cycle in fresh water.

Beginning in the early 1800s, steelheads were fished commercially in U.S. coastal waters (Sheppard 1972). A harvest exceeding 8 million pounds was recorded in 1895 and annual catches of 4 million pounds were common until the mid 1920s. Since then commercial catches have declined, by virtue of lack of availability and because of legislative restrictions, to about 600,000 pounds in 1969. The steelhead is now considered a "game" fish and commercial harvest figures represent incidental catches by salmon fishermen and by native people as prescribed by treaty rights.

In British Columbia steelhead are taken by commercial salmon fishermen incidentally. The largest catches are taken by gillnet fishermen in the estuaries of the Skeena, Naas, Bella Coola, and Fraser rivers. An approximate average of 20,000 steelhead per year has been estimated as the total incidental catch for B.C. waters, 90% taken in gillnets, the remainder by trolls and purse seines (Withler 1972). Few good data are available on the extent of the Indian food fishery in B.C. but Withler (1972) considers that the number involved are likely less than 10,000 per year.

The tremendous growth of the recreational fishery for steelhead in the U.S. has been matched by a more modest but significant sports fishery in B.C. Withler (1972) assembled data from a number of sources to indicate the extent of this fishery, and to discuss the economic and social questions which are emerging in the efforts to meet angler demands.

Steelhead spawn in streams early in the year, January–June, depending upon the stock. The fry live and grow in small streams, larger rivers, or lakes for various periods up to 5 years (Narver 1969; Narver and Withler 1971). Upon reaching an appropriate size there is a "smolting," usually in the spring, and a movement to salt water. The life at sea is characterized by active feeding, rapid growth, and considerable travel (Turner and Aro 1968). The length of life at sea may vary from a few months to 4 years (Shapovalov and Taft 1954; Narver and Withler 1971) and the fish exhibit a strong tendency to return to natal streams at spawning time. In general, two types of steelheads, "summer" and "winter," are recognized, according to the season when they enter the rivers. Summer steelhead are immature sexually when they enter, usually between May and September, and spawn as much as 8 months later, usually in the upper reaches of the watershed. Winter steelhead enter the rivers fully mature during November through April and tend to spawn in the lower portions of the watershed. The stocks maintain separation during spawning (Smith 1968) though both may be present and spawning at the same time.

The life history characteristics of steelhead are such that stocks have been subjected to the same stresses that have depressed salmon stocks. Thus the construction of dams, the impacts of the forest, mining, and agricultural industries have in some cases eliminated stocks, and in others have reduced stocks to critically low levels. Although steelhead have not been a target species in commercial fisheries, their incidental capture by salmon fisheries is reasonably well documented. It is anticipated that successful salmon rehabilitation, in providing increased fishing opportunities for salmon fisheries, may well result in larger total incidental catches of steelhead. Whether or not there will be real competition between the growing number of recreational fishermen and the commercial fisheries is not known. It is inevitable, however, that competition will be "apparent" from the recreational anglers point of view, particularly in areas adjacent to population centers, where stocks will tend to be at low levels for other reasons.

In the U.S. intensive work directed at rebuilding and/or replacing stocks of steelhead to meet the demands of the recreational fishery has given rise to an extensive fish culture program. Best results have been realized from culturing the fish to the smolt stage and releasing them at carefully selected times and places. Wagner (1967) reports details of the cost of the program per fish creeled. One problem associated with this sort of approach to the provision of angling opportunities is the tendency to concentrate on a few locations for reasons of economy, and to produce an artificial concentration of opportunities and of anglers, in both time and space. There is considerable doubt that this is the kind of fishing opportunitiy sought by most anglers (Haig-Brown 1959; Pearse Bowden Economic Consultants Ltd. 1970, 1971).

In looking toward intensive management of

B.C. steelhead stocks, Withler (1972) documents the following science needs:

> "I. The most urgent need is for fishery managers to become aware of what steelhead anglers really want when they go fishing, while at the same time anglers must become aware of the constraints which may stand in the way of satisfying their wants.
> "II. There is an urgent need to inventory and describe the province's steelhead stocks. First priority should be given to those which are endangered by immediate industrial or domestic development, to major stocks, and to those in high angling-demand areas.
> "III. There is a need to develop methods of improving steelhead production in natural streams.
> "IV. There is a need to discover the most effective and economical methods for producing steelhead by artificial means, adapted to the special conditions of British Columbia.
> "V. There is a need to know, before major plantings from hatcheries and/or transfers between streams are made, whether or not natural stocks are likely to be endangered by introduction of disease or by genetic pollution."

Most of the above suggested needs are parallel to those for various species of salmon. It is evident that there is much commonality in science needs, but much risk to species, to stocks within species, and to the needs of different client groups if rehabilitations projects are approached on other than a community of species basis.

On the East Coast

Man's activities began to have impact on east coast fisheries resources about a century earlier than on the west coast. These activities have included exploitation of the fish stocks, agriculture, forestry, mining, and power development. Development of these activities appears to have occurred at a more leisurely pace on the east coast than elsewhere in Canada and the responses in the fish stocks to the stresses imposed tend to have been more gradual, at least until recently, and to have attracted less attention. Regier and McCracken (1975) have provided an overview, with particular reference to exploitation, of events in the shelf-sea fishery. McCracken and MacDonald (1976) provided a perspective of the inshore fisheries giving special emphasis to social and economic considerations. Both studies contain information pertinent to anadromous stocks, Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*), which are briefly discussed here.

The physiography of the east coast of Canada is such that the rivers tend to be shorter and smaller than on the west coast. The anadromous fish stocks that have evolved in this situation have always been less abundant, and more diffuse in character than has been the case on the west coast. Perhaps because of this diffuse character, and perhaps also because of tradition and the more ready access to other fish stocks, fisheries that have developed on the east coast have tended to concentrate attention on stocks other than the anadromous species. This seems to have been in contrast with the west coast situation where the salmons constituted the resource central to fisheries development. In rivers, the Atlantic salmon to a major extent was reserved for the "gentleman" angler by virtue of the stream leasing technique of management, hence, although the small group which did have access to stream angling have been both vocal and constructive in their concern for effective salmon management, there seems not to have been a broad base of concern among provincial residents. Again, unlike the west coast events, there has been no "Hell's Gate" disaster, with its consequent spectacular impact on the resource, to focus concerned attention. In recent decades attention has been more sharply focused on these anadromous stocks by events such as awareness of heavy metals contamination downstream from accelerated mining operations, extensive insecticide spraying operations by the forest industries, by the intensification of exploitation on the salmon stocks off Greenland and around Newfoundland, and by hydroelectric developments.

Atlantic salmon — The general features of the life history and ecology of Atlantic salmon have been recorded by naturalists and by fisheries workers in Europe and eastern Canada for well over a century. During the first half of the current century much additional useful detail has been published. Elson and Kerswill (1968) drafted an excellent review of such information and suggested avenues for further research. Very generally, spawning is in the fall of the year in the upper reaches of streams and the young fish spend two or more years in the stream habitat before smolting and descending to the sea. One or more years of sea life characterized by active feeding, considerable travel, and extensive growth is usual before returning to "home" streams and spawning. There is substantial evidence to indicate the "stock concept," explicitly identified as operative in west coast salmonids, is also a fact in Atlantic salmon.

The current depressed status of Atlantic salmon

stocks has been discussed by McKernan (1972) and Needler (1972) both of whom present broad historical and international perspectives. In the same symposium Power (1972) presents his overview of salmon management to the present, and all three authors make a strong case for new initiatives to rehabilitate the resource.

Exploitation of salmon, following the most recent event in the fishing-up process off Greenland, which may have cut deeply into the remaining stocks, has now been sharply curtailed. For the past several years commercial fishing has been banned in Port au Basques and off the Saint John, Resitgouche, and Mirimachi rivers to allow recovery of depressed stocks in those areas. When stocks are rebuilt to levels that can again sustain limited exploitation, it is likely that the pattern of fishing permitted should recognize the stock concept, and the need to fish separate stocks inshore after they have segregated.

The other major stresses which have been identified as having serious impacts on salmon stocks relate to both quality and quantity of habitat in the freshwater area. Elson et al. (1972) present a review of the effects of chemical pollutants on east coast salmon and suggest that both the health of the fish and the productive capacity of the streams have been impaired. Huntsman (1972), Needler (1972), and Stewart (1972) review and confirm the well-known relationship among stream flow characteristics, in-stream salmon movements, and stream productive capacity, and they stress the need to effectively circumvent both natural and man-made obstructions. Collectively the stresses impacting salmon stocks in fresh water appear to have severely depressed most of them and have impaired the productive capacity of the rearing habitat to well below the potential described by Kerswill (1967), Mills (1972), and Gibson (1972).

Rehabilitation of Atlantic salmon stocks appears to be an objective endorsed by all concerned. Much of the science that would be necessary is now available, and it would seem feasible to more than double the present abundance level, given effective application. The diffuse nature of the resource and the traditional use patterns may present unique social and economic concerns, but given new institutional arrangements involving a broader segment of the public, together with the already well-established special value of salmon, there should not be insurmountable constraints.

Exploitation has already been reduced in some areas. The impact of chemical pollution has been documented and although controls are being applied the effort requires intensification. Fish culture facilities are in need of modernization to provide for full application of the science presently available. Initiatives to modernize engineering facilities such as fishways and flow-control devices, and to undertake stream habitat improvement appear necessary.

Brook trout — The extensive studies of White (1940), Elson (1940), Smith (1948; 1951; 1952; 1960; 1963; 1968), Smith and Saunders (1967; 1968) and Saunders and Smith (1962a, b) have documented the life history, ecology, and management of brook trout on the east coast. Most studies were undertaken on Prince Edward Island waters and on a few other maritime streams in conjunction with salmon studies. It is difficult to compare the present status of the anadromous brook trout resource with its status in earlier years. One would expect that the stresses imposed by agricultural, mining, forestry, and power developments would have acted to depress brook trout stocks much as they have salmon stocks, but documentation of such effects has not been pursued. On Prince Edward Island it seems that although the number of "sea-run" trout may have been reduced by small dam construction, the overall availability of brook trout to anglers has not been reduced either by the dams or by agricultural runoff.

Brook trout is included in this perspective, not in detail but simply to provide for consideration of two points: (1) the apparent contrast in responses to man's impact by brook trout and Atlantic salmon, and (2) the value of relatively unsophisticated stream habitat improvement techniques in increasing the productive capacity of streams.

In the Freshwater Area

There is no single reference available which gives a summary of the limnology of Canadian lakes and of their fish communties as they were before development imposed changes. Such base line documents could and should be developed from the many historical and early scientific records that exist in scattered bits and pieces. They would provide excellent perspectives for use in fisheries management generally, and, more particularly, for use in establishing objectives for fisheries rehabilitation initiatives.

The general limnology of 12 Canadian oligotrophic lakes and their fish communities, as they probably existed prior to the impacts of man, were described by Ryder (1972). He also summarized the relative degree of environmental change imposed by man's activities in each lake.

It seems unlikely that additional examples of oligotrophic lakes would add much of substance to the generalities which emerged in that paper. While it seems probable that similar syntheses of information for other categories of lakes (mesotrophic and eutrophic) would yield generalities differing only in detail, the benefits from undertaking such syntheses would be substantial.

The SCOL symposium (Loftus and Regier 1972) represents a synthesis of information available on the limnology and of the fish communities of 12 oligotrophic Canadian lakes and a number of similar European lakes. That synthesis was presented within the framework of examining the impact of major man-induced stresses, exploitation, cultural eutrophication, and species introductions on the fish communities over time. These lake and fish community "case histories" constituted "trend-through-time" data series and their comparison allowed a more confident perspective on cause and effect between major stresses and fish community response than had hitherto been available to fisheries workers. As such they provide a kind of perspective necessary to consideration of rehabilitation programs. Some case histories are discussed below, along with some other waters and fish communities. These are thought to be representative of the kinds of events that have occurred, or are occurring in many if not all Canadian fresh waters, and, therefore, indicate the kinds of fisheries rehabilitation science required throughout the freshwater area.

Lake Superior — A general review of current knowledge of Lake Superior and its fish stocks was reported by Lawrie and Rahrer (1972; 1973). Large, deep, and cold, Lake Superior is highly oligotrophic and relatively unproductive. All species of historical importance to the commercial and/or recreational fisheries are now seriously depressed in comparison to former abundance levels (Great Lakes Fishery Commission). Some stocks of lake trout, particularly those discrete inshore spawning populations, some of which were identified by Loftus (1958), have disappeared.

From a water quality point of view, Lake Superior apparently remains healthy, at least relative to the present condition of the other Great Lakes. Lawrie and Rahrer (1972) suggest that sawdust and other woody materials added to the tributaries and some shallow-water benthic areas from logging and associated operations beginning in the last century, probably contributed to the depression or disappearance of some stocks of species such as lake sturgeon and lake whitefish. While the practices which contributed these materials to the lake have changed in recent years, Ryder and Johnson (1972) suggest that their depressing effect is likely to be long-term in nature. Presently, water quality is acceptable for fish except in local situations where municipal or industrial effluents have been discharged. The loss of one walleye stock in Nipigon Bay in recent years was attributed to an industrial effluent (Ryder 1968).

Overexploitation is believed to have been a factor in the decline of every major species in Lake Superior, at least at some stage. Lawrie and Rahrer (1972) reached this conclusion despite their discomfort with some of the data series available. They also provide an illuminating account of the fishing-up process as it must have occurred on Lake Superior stocks, particularly lake trout, and of how the evidence of overexploitation was obscured until recently. The annual reported landing of lake trout averaging about 5 million pounds from the late 1800s through 1950 were apparently maintained to an important extent by the fishing-up process. The additional exploitation from predation by expanding sea lamprey populations in the early 1950s brought about a sharp decline in lake trout abundance by 1962, when the landings fell to well below a half million pounds. A major international effort by the Great Lakes Fishery Commission in sea lamprey control has resulted in a reduction in lamprey abundance by some 90% from their peak. A lake-wide program of lake trout rehabilitation has achieved plantings of hatchery-reared yearling lake trout in the order of 2 to 3 million annually since 1960. Results from these plantings, while encouraging, are somewhat below expectations. Lake trout numbers in some locations have reached levels comparable to those of prelamprey years (Pycha and King 1975). In other areas, however, the former abundance levels remain as distant targets. The offshore stocks, those least affected by sea lamprey predation, are reproducing well, and their age structure and abundance can probably be manipulated by finely tuning the level of exploitation. The inshore stocks, those most severely damaged by sea lamprey predation, have received virtually all the rehabilitation effort. There is now widespread evidence of limited reproduction by the planted stocks, but in general the age structure and mortality of the stocks in the lake are such that only a few fish are reaching maturity, and by present apparent rates of increase, the target of naturally reproducing lake trout stocks is some years away. Concern is being expressed about (a) the adequacy of the level of sea lamprey control, (b)

the planting techniques, (c) the impact of exploitation on planted stocks, (d) the adequacy of numbers planted, particularly on the Canadian side, and (e) the genetics and/or health of fish planted, particularly with reference to the former structure of the lake trout population, which was apparently a complex of discrete spawning stocks.

The whitefish, chub, and herring stocks have been heavily exploited, probably to excess, as suggested by Lawrie and Rahrer (1972). Some stocks (e.g. whitefish) were directly reduced further by sea lamprey predation, and others indirectly by the diversion of fishing effort that would otherwise have gone to lake trout. Again discrete spawning stocks are thought to have been a characteristic of these populations, and unless exploitation is severely curtailed, while and if residual numbers of each stock remains extant, it is doubtful that they will be able to regain former abundance levels without the support of new rehabilitation science.

New species have appeared in Lake Superior. The impact of the sea lamprey, and its subsequent partial control has already been discussed. The arrival and dispersal of that species was reviewed by Lawrie (1970). The alewife (*Alosa pseudoharengus*) has been present in Lake Superior at least since 1953 but has not developed a large population as yet and, therefore, cannot be considered as the significant competitor with the smaller coregonids here as seems to have been the case in some of the other Great Lakes according to Smith (1968). Smelt, first recorded in Lake Superior in 1930 (MacKay 1963), increased in abundance then appeared to stabilize in the 1950s. Carp (*Cyprinus carpio*) and rainbow trout (*Salmo gairdneri*) have been established for some years locally and seem not to have had noticeable impacts upon the indigenous species. More recently the pink (*Oncorhynchus gorkuscha*), coho (*O. kisutch*), and chinook (*O. tshawytscha*) salmons have been introduced, the latter two being maintained by annual hatchery-reared plantings. The pinks have persisted in small numbers by natural reproduction and recently have noticeably increased in abundance. If their numbers continue to increase, the lake herring (*Coregonus artedii*) may be faced with significant competition for food.

Among the invaders or introductions, only the sea lamprey appears to date, to have had a major impact on the fish community. Its numbers now seem to have been controlled at a level compatible with restructuring of the former fish community. Impacts by smelt and alewives are not yet understood and may not yet be fully expressed.

Lake Huron — General reviews of events and of the current status of Lake Huron and its fish community were prepared by Berst and Spangler (1972; 1973). In many respects the history of this lake is similar to that described for Lake Superior. Huron too is a deep, cold, oligotrophic lake and is relatively unproductive, though its morpheodaphic index (Ryder 1965) is higher than that of Lake Superior. Its water quality is relatively good, being to a large extent a mixture of water from lakes Michigan and Superior together with its own small watershed which is only locally modified by agricultural and industrial/municipal development. Beeton (1965; 1969) documents and compares the changes in water quality in Lake Huron with those of other Great Lakes. Significant changes in water quality are evident in bays, such as Saginaw Bay, adjacent to centers of human activity. Berst and Spangler (1972) expressed concern about the levels of contaminants such as DDT and Hg. No doubt PCBs and perhaps others ought now to be included.

A commercial fishery harvesting whitefish, lake trout, cisco, walleye, yellow perch, and suckers began in the 1800s and production rose to a maximum of 13 million pounds in Canada about 1892 and to 19 million pounds in the U.S. about 1900. From then to the mid-1930s the landings remained relatively stable, but a gradual decline began in the mid-1930s and has continued for more than 30 years. Dramatic changes occurred in the fishery and in the fish community in the period 1940–65. The lake trout and cisco populations collapsed and populations of whitefish, suckers, sauger (*Stizostedion canadense*), and walleye (*S. vitreum vitreum*) also declined. An increase in the yield of chubs from the earlier mean of .5 million to 5.5 million pounds in 1961 did not compensate for the loss of lake trout and ciscoes. Again, as in Lake Superior, though the direct evidence is scanty, it seems that many important species suffered from excessive exploitation at one time or another.

The impact of introductions of new species on the Lake Huron fish community has probably been more severe than in Lake Superior. The sea lamprey added its predation mortality to heavy fishing mortality in the late 1930s and early 1940s and by the early 1950s lake trout were eliminated except for small residual stocks in Parry Sound and McGregor Bay. Smelt, first reported in Lake Huron in 1925, and alewives, first recorded in 1933, invaded Lake Huron, and the abundance of both has become such that there can be no doubt of the substantial extent of their impacts on the native fish community.

The specific mechanisms of those impacts will no doubt continue to be a matter for debate. Rainbow trout, brown trout, and carp have been introduced. Important sport fisheries now harvest the naturalized populations of rainbow trout which now use many streams tributary to Lake Huron for reproduction. Predation by sea lamprey as reported by Berst and Wainio (1967) and man-made barriers on streams have probably held populations at less than their potential. Brown trout occur in small naturalized populations of lesser significance according to MacCrimmon and Marshall (1968). Carp populations have supported a modest commercial fishery since the early 1900s (MacCrimmon 1968).

Kokanee salmon (*O. nerka*) were introduced to Lake Huron in 1964 as eyed eggs. Since then some 5 million eggs, fry, and fingerlings have been planted. While natural reproduction has been observed, it is not yet known whether self-sustaining populations will become established (Collins 1971). Similarly large plantings of coho yearlings and of chinook fingerlings have been made in the lake by the State of Michigan. Again some natural reproduction has been reported (Great Lakes Fishery Commission) but it is not yet known whether self-reproducing populations will develop.

In 1969, the first plantings of splake, the hybrid between brook and lake trouts, selected for early maturity and deep-swimming tendency, were made as part of the coordinated attempt to rehabilitate Lake Huron. Theoretically, because of their early maturity, it is expected that the hybrids will surpass native lake trout in their potential to develop self-sustaining populations in the presence of exploitation by the fisheries and by a residual lamprey population. Performance of the planted hybrids has provided grounds for guarded optimism that the experiment may be successful. Some natural reproduction by planted splake has occurred (G. R. Spangler, personal communication) but the capacity of the present genetic mix of splake being planted to adapt to the variety of spawning shoals formerly used by lake trout stocks remains a concern.

In summary, it appears that the quality of Lake Huron as a fish habitat is still reasonably good, except in specific local situations. The program of the International Joint Commission offers hope that it will remain so. The predatory sea lamprey population has been controlled, at least to a considerable extent. The instability of the present fish community is not yet arrested, but workers are optimistic that reestablishment of a dominant piscivore, in this case, splake, will contribute to stabilization. The extent to which the original productivity of the former fish community of Lake Huron will be regained remains an open question. The impact of smelt and alewives under stability is unknown, and the success of splake as the top predator has yet to be determined. In any event, the science presently available, together with an experimental approach, must be applied over the next decade if Lake Huron is to again achieve its potential to supply protein and recreation.

Lake Erie — In contrast to the other Great Lakes, Erie is relatively warm, shallow, and highly productive. The commercial fish harvest has remained relatively constant at approximately 9 kilograms per hectare per year over the past 150 years (Regier and Hartman 1973). The species composition of the harvest, however, has changed many times during that period, particularly since 1920 (Hartman 1972) and presently consists primarily of rainbow smelt and yellow perch. The high value species: lake trout, whitefish, lake herring, blue pike (*Stizostedion vitreum glaucum*), and walleye, each of which formed an important component of the harvest at one time, are no longer significant in the catch, and in some cases have disappeared completely. Although the average summer water temperature has increased by 1.1 C (Beeton 1961); nutrients have increased several fold (Beeton 1965, 1969; Harlow 1966); and species dominance has shifted to shorter-lived, more opportunistic species (Hartman 1972), total production has not increased as might have been expected (Colby et al. 1972). It appears that accelerated enrichment, even in lakes well suited to nutrient cycling, such as Erie, can extend to the point where the lake may be rendered less productive by oxygen deficits (Ryder et al. 1974).

Lake Erie has apparently not provided greater yields in spite of its warmer water, and greatly increased nutrients. Its yield, in terms of constant value dollars, has decreased in value through the sequence of dominant species. An introduced species, smelt, and a former junior member of the community, yellow perch, now dominate the lake and both species are fluctuating widely.

Much has been written about Lake Erie as a fish habitat, and about Lake Erie's fish. Most useful in the context of this paper are the long-term perspectives provided by Hartman (1972) and by Regier and Hartman (1973). To some degree they resolve the long-standing debate between Langlois (1946) and Van Oosten (1948) by indicating that both were partly right and that exploitation, accelerated eutrophication, and spe-

cies introductions have combined in Lake Erie to produce the present unstable situation.

Much of what was characteristic of Lake Erie has no doubt been irretrievably lost. Nevertheless an effective rehabilitation program could be expected to provide an increased total yield, an improved species composition in terms of having a dominant piscivore reestablished in the community, providing more stability, and in terms of value/pound in harvest.

The program being coordinated by the International Joint Commission on Lake Erie as on other Great Lakes will hopefully achieve a decrease in the rate of nutrient enrichment. Hopefully also the nutrient loading can be reduced to a level which Lake Erie can accommodate without loss of productive capacity from oxygen-poor areas. Contaminant reductions can also be expected. These and other water quality management measures may provide improved physical conditions on spawning grounds traditionally used by species such as walleye and blue pike (Regier et al. 1969).

The extent to which former water quality will be regained as a result of current programs has yet to be measured. Rehabilitation of Lake Erie's fish community must await the measurement before the attainable species components can be identified. If, for example, the water quality extant in the 1950 decade is again achieved, it might be possible to reestablish walleye or a mix of blue pike and walleye as dominant predators in the fish community. If, on the other hand, water quality can be improved only to the level extant in the 1960s it is doubtful that walleyes could be reestablished in dominant numbers and consideration of alternatives may become necessary. An alternative such as a walleye modified through selective breeding and/or hybridization with the European zander to achieve a stock more tolerant of highly eutrophic conditions might be appropriate. This sort of alternative seems less risky than ad hoc trials of exotic warm-water predators.

Lake Ontario — The smallest and most downstream of the Great Lakes, Lake Ontario, formerly a typical deep, cold, oligotrophic fish habitat and community, now presents the greatest challenge to the science available for rehabilitation. Though even under the best conditions its total productivity would be less than that of other Great Lakes, its proximity to major population centers greatly emphasizes the importance of its fish production.

Christie (1972; 1973) provided comprehensive chronicles of events in the fish community and habitat from the 1800s through to the present. His evaluation of the interactions between the fish community and major stresses introduced in those papers was extended in his 1974 contribution. Other, and for the most part, complementary interpretations of events and impacts may be found in Colby et al. (1972), Smith (1972), and Ryder et al. (1974).

Lake Ontario has been seriously degraded as a fish habitat in the open lake, in inshore areas, and in its watershed. Water chemistry changes in the open waters have closely followed those of Lake Erie (Beeton 1965), from which it receives most of its water. The inshore areas, vital to productivity, constitute only a narrow ribbon around the perimeter of the lake, the Bay of Quinte, and to some extent, the eastern basin excepted. The poor quality of the Bay of Quinte as a fish habitat is described by Hurley (1970; 1973) as being comparable to Lake Erie. The damage to fish habitat in the tributaries occurred during the 1800s as a consequence of land clearing which modified flow regimes and water temperatures, and as a result of construction of dams on almost all streams.

The original fish community is now in complete disarray and some of the original species components must be considered extinct in the lake. In the open lake the chief piscivores, lake trout and burbot, began to decline in the late 1920s and reached virtual extinction by 1950. Excessive exploitation and sea lamprey predation are considered to have caused the collapse of these species (Christie 1973). The deepwater ciscoes and lake herring, formerly abundant in the lake, are no longer significant components of either the harvest or of the fish community. Some species of ciscoes are apparently extinct. Heavy exploitation and interactions with invading species are thought to have been causes of the declines in these species. Lake whitefish, for many years an important species in the commercial harvest from the eastern basin, declined abruptly during the 1960s. At least one major, and likely discrete stock, which spawned in the Bay of Quinte, appears to be extinct. Another stock which spawns on the south shore of Prince Edward County persists, but at a precarious level. Alewives and rainbow smelt, both invading species, are now the most commonly encountered species in the open lake.

In the inshore zone, changes in the fish community are also evident, though they have been less thoroughly documented. In general the piscivorous pike, smallmouth bass, and walleye have undergone recent declines, the most spectacular being that of the walleye which had been so

abundant during the 1950s and early 1960s. Other noteworthy events include the invasion by which perch (Scott and Christie 1963) and their subsequent establishment at a high level of abundance in the inshore zone, and the recent extension of the yellow perch distribution to the eastern basin.

In the tri' utaries, rainbow trout, an introduced species, has been successful in occupying some of the degraded habitat formerly used by Atlantic salmon.

In summary, Lake Ontario and its fish community have suffered from excessive exploitation, from excessive nutrient loading, contaminant loading, shore-line restructuring, and watershed modification; and it seems to have had more than a fair share of new species invasions.

The program of the International Joint Commission holds promise of improved water quality. Indeed "Project Quinte," a current multiagency effort, may measure the first response of habitat and fish community to such a program in the Great Lakes. Sea lamprey predation is being controlled by the Great Lakes Fishery Commission. Planting programs involving lake trout, splake, coho, and chinook have demonstrated that the lake can still provide good growth and survival of premium fish species. The challenges for rehabilitation include: achieving balanced and controlled exploitation levels, reestablishing natural reproduction by salmonids and coregonids, and possibly reestablishing species such as the deepwater sculpin which may be a necessary link in nutrient vectoring. Current studies of shoals formerly used by lake trout for reproduction, together with progress in water quality management, may provide a basis for considering spawning ground rehabilitation projects.

Some other examples — There is a frustrating scarcity of good time series data for small freshwater lakes and streams. Only four "small" oligotrophic lakes in Canada Keller (Johnson 1972), Great Slave (Keleher 1972), Kootenay (Northcote 1972), and Opeongo (Martin and Fry 1972), with adequate data series were offered as contributions to the objectives of SCOL symposium (Loftus and Regier 1972). There is little doubt now, however, that several additional "case histories" could be found and that useful data series for mesotrophic and eutrophic waters exist. Considerable data, however fragmentary, are available from a great many fresh waters and some are used here against the background of the inferences from the SCOL symposium. In doing so, on a broad scale, it is difficult to avoid pessimism concerning the status of freshwater fish communities in general such as was evident in Ryder and Johnson (1972) when they considered the future of North American oligotrophic lakes.

Lake Simcoe contains a salmonid community which has provided up to one million angler days per year to the people of nearby metropolitan Toronto. This resource, which has immense value, appears to be under severe stress. Oxygen deficits are beginning to appear in some bays. Phytoplankton and benthos species changes are occurring, and the distribution of aquatic plants is shifting. The age structure and abundance of the lake whitefish population is changing and there is a strong suggestion of recruitment failure. Lake trout angling is supported to an increasing extent by hatchery plantings. Rainbow smelt, introduced in the late 1950s or early 1960s have achieved a considerable level of abundance and now appear to have stabilized. Lack of stability is becoming evident in the smallmouth bass population, and yellow perch are currently greatly expanding both range and abundance.

Relatively good data suggest that there has not been excessive exploitation. The current responses in the fish community and the habitat implicate impacts by the newly established smelt and more particularly by cultural eutrophication. Municipal and cottage development have been extensive and the nutrient loading may have been excessive. Heavy fertilizer use in an area of intensive agriculture adjacent to part of the lake no doubt contributes further nutrients.

Some reduction in nutrient input is likely in the near future when appropriate municipal sewage treatment facilities are completed. Early application of a multifaceted rehabilitation program might prevent the collapse of the trout and whitefish stocks and might restabilize the fish community.

The Muskoka lakes are intensively used for water-oriented recreation and have been extensively developed for cottagers. Nutrient loading of the lakes from the cottages, an extensive DDT spraying program aimed at control of biting flies, and invasion by rainbow smelt all have been suggested as contributors to stress on the fish communities of these lakes. Lake trout no longer reproduce naturally except to a limited extent in Lake Joseph. Attempts to provide lake trout angling by the traditional yearling plantings failed, but some success has been achieved using 2-year-old fish. Are there alternatives to this expensive technique of providing recreational angling?

Lake trout populations, and salmonid communities throughout Ontario and perhaps throughout Canada are under considerable stress occa-

sioned by man's activities. Almost all our lakes are now accessible during summer and winter, with the advent of more leisure time, dollars, roads, and the snowmobile. There have been reports concerning small lakes where more than a year's production of lake trout has been taken by anglers on a single weekend (Ryder and Johnson 1972). The popular myth that decreasing angling quality acts to curtail exploitation short of overexploitation must now join the formerly popular and similar myth about exploitation by commercial fisheries. Rehabilitation of the trout stocks requires much more stringent controls on exploitation. The challenge lies in achieving the kind of public involvement and commitment which is essential in support of more complex and restrictive regulations, and in maintaining client expectations at levels consistent with the natural productivity of waters. Although we have yet to achieve a rational basis for allocating limited resources between commercial and recreational users, the new tasks of allocation between resident and nonresident anglers, and of allocation among resident anglers are upon us.

Mesotrophic and eutrophic lakes and their respective fish communities no doubt have greater capacity to accommodate stresses than do oligotrophic lakes and their salmonid communities (Ryder et al. 1974). For lack of alternatives, the inferences which emerged from SCOL for oligotrophic lakes and their fish communities are here applied to other lake sets and fish community types. The absolute stress levels triggering response in these categories of lakes are no doubt substantially different.

There are scattered data to indicate that changes are occurring in the fish communities of some of the Kawartha lakes, the Rideaus, Nipissing, Eagle, and other nonsalmonid communities. One might view these with less concern were it not for the knowledge of past events in some bays in the Great Lakes which may well be to a large extent comparable to small mesotrophic or eutrophic lakes. Examples include the Bay of Quinte, Lake Ontario (Christie 1972, 1973, 1974; Hurley 1973), Green Bay, Lake Michigan (Wells and McLain 1972), Saginaw Bay, Lake Huron (Berst and Spangler 1972), and the western basin of Lake Erie (Hartman 1972; Regier et al. 1969). In these cases the fish communities were dominated by walleye during what appeared to be a relatively stable time, environmentally. Subsequently, however, the walleye has lost its dominant position and has all but disappeared in some cases. Lack of stability and decreased resource value has been characteristic of the resulting species communities which have developed since. It seems likely that present indications from some percid communities in smaller inland lakes foretell a similar sequence of events. Exploitation can be intense as shown by Jorgensen (1975) for Lake Nipissing where the estimated poundage of walleye taken by anglers in a year is equal to the potential total yield (calculated as per Ryder 1965). Nutrient loading from natural sources, augmented by that from intensive cottage development (Dillon and Rigler 1975) and from the recently recognized atmospheric source may be such as to severely stress even these lakes.

The problem of nutrient loading, and the stress components associated with cottage development, is emerging as a major concern in Ontario and at least locally, throughout the lakes and streams of Canada. Oligotrophic lakes, those with the least capacity to accommodate stress, are the most attractive for development probably because of their size and their aesthetic appeal. Most lakes south of the French and Mattawa rivers in Ontario may already have been developed for cottaging up to or beyond their capacity. This appears to be the case also for a surprising number of lakes in northern Ontario. The pressure for continued development is severe and fisheries managers are hard pressed to resist the well-established trends. There is an urgent need for a clearer and a quantifiable understanding of the capacity of type lakes to accommodate the stresses associated with cottage development. A simple, predictive index to nutrient loading and to capacity is urgently required and may well emerge from research directed at meshing Ryder's MEI and Dillon and Rigler's (1975) nutrient loading models. Meanwhile, the challenge to the science of rehabilitation may lie in the development of techniques to reduce nutrient loading in overdeveloped lakes, until such time as the nutrients are otherwise excluded.

Anadromous stocks of fish in Ontario have received relatively little attention, perhaps because of the overpowering nature of other larger problems. Nevertheless, the production from rivers and streams is important and the discrete stocks of brook trout, rainbow trout, walleye, and formerly lake trout, using streams tributary to the Great Lakes for spawning, have been actively exploited. Pollution from point sources and artificial flow regulation have contributed to the decline and/or loss of some stocks (Ryder 1968; Winterton 1975). In the case of rainbow trout, particularly in the lower Great Lakes, considerable suitable stream habitat has been lost due to the extensive construction of small dams, many of which no longer serve the purposes for

which they were constructed. There is considerable interest in the development of strains of rainbows which would be less demanding of quality stream habitat, perhaps spending only one year rather than two or three in the streams.

Stream habitat management has been shown by Saunders and Smith (1962a and b) and by White and Brynildson (1967) to enhance trout production. No serious attempt to apply this homespun science has been made in Ontario or in any of the freshwater areas. Perhaps these techniques are too unspectacular for popular use, or perhaps their application is looked upon as the fine-tuning management which comes after the big problems are solved. In any event application of this science now, as part of a rehabilitation initiative, seems necessary at least at the level of demonstration projects, and as a means of gaining some necessary experience.

Small lakes and ponds collectively play an important role in fish production across Canada, and considerable science for their management has been developed. In Ontario, for example, much of the brook trout production is provided by these small lakes and ponds. Many have limited or no capacity to sustain natural reproduction and their continued productivity is dependent upon routine hatchery plantings (Fraser 1972). J. M. Fraser (personal communication) also reported that the presence of any other species, particularly suckers and yellow perch, detract greatly from the capacity of such waters to produce trout. Recently there has developed evidence (J. M. Fraser, personal communication) that plantings derived from long-domesticated, hatchery brood stocks are subject to higher mortality rates after planting than are plantings derived from wild brood stocks.

The recent work with rainbow trout in prairie "pothole" lakes (Lawler et al. 1974), has attracted considerable attention. Initial results indicate a considerable yield, but long term sustainable yield has yet to be established. Further progress in this promising area apparently requires the ability to select better "strains" of rainbows for stocking, and the further development of more sophisticated criteria for the selection of most suitable "pothole" lakes.

Although most examples discussed in this section have been Ontario waters, reflecting a personal experience bias of the author, there is ample evidence that similar problems requiring rehabilitation initiatives are becoming commonplace in other areas of heavy use across Canada. In British Columbia a number of trout lakes are being recognized as problem areas: Kootenay Lake as reported by Northcote (1972), and Paul Lake, where cottage development has been extensive, are cases in point. In the Prairie Provinces there are examples of problems rising out of exploitation and eutrophication in waters such as the Qu'Appelle lakes, Great Slave, Lesser Slave, Athabaska lakes, and Lac la Ronge. In most of these some stocks of lake trout and perhaps other species require rehabilitation if former production levels are to be regained. It has been generally understood that the waters of the north and their fish communities have relatively little capacity to accommodate stress, whether exploitation or eutrophication, but the resolution of that understanding needs to be improved considerably and urgently. Although I am not aware of specific problem waters in Quebec or the Maritime Provinces, there seems no doubt that rehabilitation needs are generally comparable to those identified in the foregoing example.

A Summary of Stories

All fisheries discussed in the foregoing sections are now far less productive in terms of high value protein and/or quality recreational opportunities than formerly. The Perspectives by Regier and McCracken (1975) and by McCracken and Macdonald (1976) indicate that this condition is more typical than exceptional in most important fisheries of Canada. Only the scattered, but locally very important, fisheries of more northern inland Canada can still be managed using a conservation or maintenance approach (Regier 1976). Almost all our major fisheries require rehabilitation.

On the west coast it has been estimated that current levels of salmon yield are about half of the levels produced in earlier years. It is recognized that some of the historical harvest figures were in excess of the levels that one might expect to maintain in the long term, nevertheless, a rehabilitation initiative designed to achieve full access for a natural, wide variety of stocks to improved freshwater environments could provide for a doubling of the present allowable harvest, if that harvest could be tuned to a stock-by-stock basis.

On the east coast it appears that the brook trout resource is relatively healthy, but could be improved to a valuable extent if stream engineering sciences were applied. The Atlantic salmon, on the other hand, is a severely depressed resource which will require major initiatives if it is to be restored to former abundance levels, estimated at two to four times the present level.

In the freshwater area, represented by the intensively used Great Lakes, the present fish re-

source situation is, in a sense, depressing because it clearly demonstrates the impact of overexploitation of the fish stocks in combination with the stresses imposed by conflicting use of the habitat. The result has been a serious reduction in total yield and a major reduction in quality yield. This area provides a case history of immeasurable predictive value to the rest of Ontario and Canada. In another sense the extremity of the responses in these fish communities have contributed to the surfacing of a public concern which now supports international agreements and programs for agencies such as the Great Lakes Fishery Commission and the International Joint Commission and these constitute the first essential steps to the rehabilitation of traditional fish yield capacity.

Overexploitation emerges as a major problem for fisheries managers in all areas discussed. The evidence implicating overexploitation as a significant stress has always been imprecise because of the masking effect of other stresses, and has always been clearly evident only after the fact of depressed or collapsed stocks. Furthermore, the evidence has been available only on a piecemeal basis through time. Hindsight is much more convincing than foresight but even the former has proven inadequate to achieve effective control in the face of the associated social and economic problems. We are still faced with inadequate control of fishing power, real or potential, in most areas.

Cultural eutrophication, the addition of excessive nutrients, shoreline modification, and chemical pollutants have recently been recognized as an important complex of factors having impact on the productive capacity of natural waters. The impact of chemical pollutants on the east coast has been particularly well documented. In the freshwater area the effects of DDT, mercury, and PCBs are now obvious and the inference that new chemicals will be identified as deleterious is ominous. The significance of air-borne sources of chemical inputs which will be quantified shortly, is expected to be significant.

Extensive cottage and recreational development on the shores of freshwater lakes has become a matter of serious concern for fisheries managers. This concern is not unimportant in terms of demands on the fish communities, but the major concern is the apparent cultural eutrophication imposed on the lakes with resultant loss of both yield and aesthetic values.

On both sea coasts the fact of pollutant concentrations in estuarine areas is emerging.

In all three areas discussed, man's activities on the watershed have resulted in barriers to the migration of anadromous stocks, and have degraded the productive capacity of the streams by virtue of sedimentation and by modifying natural flow regimes. The most spectacular examples of barriers to migration are evident on the coasts, and the most extreme cases of stream degradation are found in the watersheds of the lower Great Lakes.

The impact of species introductions and/or invasions is particularly evident in the freshwater area. This evidence may have relevance to current marine situations yet to be recognized.

While considering the sequence of historical events in the foregoing fisheries as background for their rehabilitation, it has become evident that the significance of discrete stocks may be far more important than has been explicitly realized to date. Attention, thought to be appropriate, is focused in the section which follows.

The Stock Concept

The reality of discrete spawning populations has been recognized for several years as an important consideration in the management of west coast salmon. There has been an explicit attempt to harvest each recognized stock at the different levels appropriate to their continued productivity. In practice, however, this laudable and necessary objective has been difficult to achieve with more than general precision because of the mixing of stocks at sea, and because most of the harvesting gear does not discriminate between stocks. Only when the stocks are close inshore and near their "home" stream do they become adequately separated to allow an opportunity for fully selective harvesting. By the time this sort of separation occurs there is little, if any, opportunity for harvest by the traditional gear, and furthermore, the quality of the fish may have seriously deteriorated.

In spite of the difficulties, the objective has been partially achieved and, in the process, much additional information on the movements and distribution of stocks in the ocean has been generated.

Ricker (1972) presented a comprehensive review of the knowledge of discrete stocks of west coast salmon and trout. Impressive indeed is the listing and description of discrete stocks within species, and particularly within single river systems. The question whether genetic and/or environmental influences are involved in the emergence of discrete stocks is vital to management and to rehabilitation. The epilogue of Ricker's exhaustive work is, therefore, quoted here.

> "In almost all cases where both genetic and environmental influences affecting natural

stock differences among Pacific salmon and steelheads have been searched for adequately, both have been found; though sometimes one, sometimes the other, is relatively weak, or is infrequently expressed.

"Since season of return to the river is strongly under genetic control, and ability to 'home' is apparently under genetic control, a corollary is that most or all of the identified stocks of these fish differ genetically to some extent.

"Such conclusions sometimes encounter criticism on the grounds that they are too complicated. Nature (the argument runs) should not be made more complex than it really is; species can exist in one and the same river system, a dozen or so even within a single lake — particularly when it is known that there is some interchange between them.

"Certainly when two or more hypotheses are equally possible, it is customary to prefer the simplest one. But how are we to know which one is simplest? What is the test of simplicity? With respect to any recurring difference between two salmon stocks, we have three alternatives:

"1. The difference is completely environmentally determined.

"2. The difference is completely hereditarily determined.

"3. The difference is determined partly by heredity, partly by environment.

"Superficially at least, hypothesis (1) and hypothesis (2) both seem simpler than hypothesis (3); perhaps they really are so.

"If we were to reject hypothesis (3) because it is too complicated, then which of (1) and (2) is the simpler? Some writers have seemed to believe that (1) is simpler than (2), or at least 'more conservative' than (2), apparently because it implies a more homogeneous genetic constitution among the various populations of a species. For example, if it has been demonstrated that the number of scales on fish of a certain species is affected by environmental temperature during development, they will then decide that 'there is no need to postulate' any genetic basis for an observed difference in scale number between two local stocks of that species.

"But what if we were to apply the same procedure in reverse? Suppose we have demonstrated a hereditarily-determined difference in scale count between two stocks, as Dr. Neave did for *Salmo gairdneri*; should we then decide that there is no need to postulate any effect of the environment on scale number in that species? That obviously isn't logical; but then the converse proposition cannot be logical either.

"My strong opinion is that we should avoid any appeal to simplicity or conservatism in such questions. Time and again it has been discovered that nature is more complex than anyone dreamed possible. Hence we should stick to whatever evidence is available, however sketchy it may be.

"In the matter at hand, the evidence available is now quite considerable. It indicates that most of the studied differences between local stocks can and usually do have both a genetic and an environmental basis. Be it simple or complex, this should now be our normal expectation in respect to any as-yet-unstudied difference between stocks of salmon or trout. Only direct investigation can show which type of influence predominates in a particular situation."

Larkin (1972) provides a view of the management implications of the stock concept. The difficulties in achieving selective harvest of discrete stocks are emphasized.

Available evidence strongly suggests that full utilization of complex river systems by salmon, giving maximum production of young salmon from the system, and maximum returns to it, is achieved only when a complex of stocks is present. Salmon rehabilitation projects face the task of optimizing reproduction on a stock-by-stock basis and of learning how to recognize or to create stocks comparable to those which have already been lost. Care may be necessary to avoid overloading parts of the river system to the detriment of other stocks and projects will require careful balance between stocks and careful evaluation.

The significance of discrete spawning stocks is recognized now as well in Atlantic salmon (Saunders 1967; Moller 1970; A. W. H. Needler, personal communication). Probably because of the relatively small size of the total resource and because it is comprised of small runs scattered over so much coastline, less detail is available to describe these stocks. Less is known too of the movements of separate stocks at sea, witness the recent surprise off Greenland which precipitated harvest restrictions. It seems probable that many stocks have already been lost and that rehabilitation will be the more difficult for that reason.

In the freshwater area little attention has been given to the significance of discrete spawning stocks. I am now of the opinion that our inattention in this respect may have rendered some of our management ineffective, and in some cases where routine plantings have been involved, even counterproductive. A few examples may serve to establish the possibility of parallels in some freshwater species to the stock concept described for Pacific salmon.

Martin (1957; 1960) described very precise homing behavior in lake trout at spawning time

in 1480-acre Louisa Lake where the spawning grounds were separated by only a few yards. His confirming evidence of discrete spawning times and within-lake locations for lake trout in a number of Algonquin Park lakes (personal communication) is extensive. Loftus (1958) described populations of river-spawning lake trout in Lake Superior. The distribution of these trout stocks overlapped in the open lake but they separated year after year and moved to the "home" (presumably natal) rivers. He recorded some additional spawning times and places for Lake Superior lake trout as reported by fishermen and hatchery personnel. Eschmeyer (1955) in discussing lake trout reproduction in southern Lake Superior suggested that lake trout returned to the same spawning shoals year after year. J. B. Smith (1968) was able to map more than 150 separate former lake trout spawning grounds on the basis of recollections by commercial fishermen. Lawrie and Rahrer (1972) and Regier and Loftus (1972) considered that the system of accumulating catch statistics in Lake Superior and in other lakes, a system which did not reflect stock-by-stock distribution, served to mask the reality of the fishing-up process to the extent that some stocks may have been decimated long before total harvest figures showed a decline. In many instances, the trout rehabilitation program in the Great Lakes implicitly, but not explicitly, recognizes the stock concept. Successful rehabilitation may be delayed by the lack of appropriate brood stocks. Olver and Lewis (1971) were able to find only a few examples of planted lake trout which successfully reproduce themselves.

Whitefish in Lake Huron are comprised of apparently discrete stocks. Two are recognized by J. J. Collins (personal communication) in the North Channel; two in South Bay (Budd 1957); two in Georgian Bay (Cucin and Regier 1965), and two in Lake Huron proper (Budd and Cucin 1962; Spangler 1974). These stocks may be the few remaining from a larger original number of stocks. Christie (1972) recognized two stocks of whitefish in Lake Ontario, one of which now appears to be extinct.

Walleye literature also suggests strong parallels to the stock concept. Lake Erie contains two apparently discrete stocks, one which reproduced in the Western Basin and which has suffered a severe decline in recent years; another which reproduces in the eastern basin and which has remained relatively stable. Ferguson and Derksen (1971) described mixing of a Lake St. Clair walleye population with those of southern Lake Huron and of western Lake Erie. In the Bay of Quinte, Lake Ontario, Payne (1963) studied a population, then flourishing, now virtually extinct. Within the same bay certain river spawning populations persist at low levels (W. J. Christie, personal communication). In Lake Huron a number of discrete river spawning walleye stocks are recognized in the Moon, Shawanaga, French, Pickerel, Mississauga, and Echo rivers. Others no doubt occur. The same story is probably verifiable for stocks in Lake Superior's Goulais, Batchawana, and Michipicoten rivers, and Ryder (1968) recorded the demise of one such population near Red Rock in Nipigon Bay. The work of Uthe and Ryder (1970) presents further evidence that the stock concept may be valid for walleyes.

Rainbow trout, a species introduced to the Great Lakes several decades ago have now become naturalized and appear to exhibit "stock" characteristics similar to those described for steelhead on the west coast.

To date the significance of discrete spawning stocks, the stock concept of west coast salmon, appears to have failed to attract the explicit attention it merits for management and rehabilitation throughout the freshwater area.

It is recognized that many stocks are seriously depressed and that some have already been lost. There are a number of causes for these losses which need to be more widely recognized, better understood, and guarded against. They include (1) direct excessive exploitation, (2) incidental catch by gear directed at adjacent stocks or species which are in good supply, (3) genetic drift imposed by the selectivity of gear fishing for a particular size. This may tend to remove early maturing and/or fast growing individuals from the stock, (4) hatchery plantings from unselected stock origins may survive to maturity and mix with native stock during spawning thereby diluting the gene pool of a well-adapted stock, (5) environmental change may force desegregation at spawning of formerly discrete but closely related stocks causing interbreeding. No doubt a number of other mechanisms could contribute to loss of stocks essential to the full use of an ecosystem.

Over several thousands of generations, most species appear to have evolved discrete stocks adapted to similar yet discrete and specific habitats. Fisheries science is not yet able to recognize either the habitat differences or the specific characteristics which differentiate stocks. Man's attempts to date to move stocks from one place to another have been mostly unsuccessful at least in terms of achieving natural reproduction by the transplanted stock. Given that a naturally evolved complex of stocks is apparently essential to full

use of the productive capacity of a river system, and perhaps of lakes, it follows that it is important to learn to recognize and to preserve representative stocks. It is also important to learn how to reestablish stocks which have been decimated or lost, and to achieve a natural balance among stocks. There is a strong implication that rehabilitation requires the culture and planting of numerous small lots of the appropriate stocks until natural reproduction is reestablished. Such planting requirements suggest a need for small, versatile, and mobile hatchery facilities rather than the major "efficient" fish factory type of facility currently in favor.

It may be necessary to establish a national gene pool which would provide for the preservation of representative, particularly valued or endangered stocks.

Rehabilitation vs. Sea Ranching (Fish-Farming)

Emphasis in the foregoing section has been given to the stock concept and to the conclusion that a naturally evolved complex of stocks is required to fully use, and perhaps to provide relative stability in, an ecosystem. The maintenance or rehabilitation of such stock complexes is judged to be the most suitable goal for fisheries ecologists and managers for a number of reasons, and ought to provide the best returns over the long run. Attainment of this goal is likely to be a slow, deliberate, and unspectacular process requiring careful research and management involving both the fish and their habitat.

The term "enhancement" has been in vogue among fisheries people recently. Use of the term is deliberately avoided throughout this perspective because it apparently has a variety of meanings. To some it carries the implication that the approach to increasing the abundance of fish to earlier levels ought to be as described above. To others it appears to imply a massive fish culture program which assumes that catches are roughly proportional to the numbers of fish planted. Still other fisheries people think in terms of some undefined mix of the two approaches.

There is ample recent evidence that massive planting programs can produce spectacular results, at least in the short term. Particularly impressive examples have been recorded with salmon in the Pacific northwest states, and with salmon in Lake Michigan. Such successes as these may have created the environment in which fisheries "enhancement" projects can be optimistically put forward. It needs to be recognized, however, that both these successes occurred in situations to which fisheries people do not normally aspire: in the northwest U.S. the freshwater productive capacity has been lost to a very major extent; in Lake Michigan the original fish community was in disarray and had included no dominant piscivore for three decades.

The recent successes ought not obscure the longer-term experience of lack of spectacular success from fish planting. No doubt there have been improvements in fish culture techniques which have contributed to recent successes, but the important difference between earlier and recent fish planting results seems more likely to be the "health" of the community into which the fish are planted, as suggested by Christie et al. (1972).

It is difficult to argue against the recently demonstrated successes of sea ranching or fish-farming (e.g. Lake Michigan, Washington State), and such an argument is not intended. Such an approach to fisheries management may be the only option available where the natural system has been degraded beyond hope of recovery. This is not our situation in Canada, even in the Great Lakes, except perhaps very locally. There are abundant grounds for optimism that our aquatic habitats will be maintained, and where necessary improved.

If we were to take the sea ranching option at this time we could expect:

1) spectacular successes (in terms of returns from planted stocks, but not in terms of natural reproduction), at least in the short term in carefully selected locations, e.g. lower Great Lakes, Georgia Strait;
2) creation of client appetite;
3) raising client expectations (they are already excessive from past overexploitation experience);
4) demand for program expansion to other areas where success would be less likely;
5) reduced success levels, occasional stocking failures;
6) loss of opportunity to rehabilitate fish stocks in healthy areas (demand would force managers to the sea ranching option);
7) loss of important natural stocks (by virtue of incidental catches or by swamping them competitively in the short term);
8) loss of our solid base from which to argue for aquatic environmental quality.

Sea ranching, or fish-farming may well be an appropriate initiative in Canada at the present time. It could pay substantial returns in specific situations. Furthermore, its demands of science

are generally similar to those required by rehabilitation. Its undertaking, however, requires a clear-cut policy decision which would include the dedication of prescribed aquatic habitat for the purpose, and a clear recognition of the spill-over effect on other management initiatives. Sea ranching ought to be seen as having implications which conflict with rehabilitation. The term "enhancement" which confuses this important distinction ought to be dropped.

Science Needs for Fisheries Rehabilitation

In anticipation of major initiatives in rehabilitation on the west coast, fisheries managers and researchers have given considerable thought, both separately and jointly, to the kinds of work that needs to be done to assure maximum benefits. In the freshwater area, a joint Federal–Ontario strategic plan for fisheries is nearing completion. That joint planning effort was undertaken primarily as a result of recognition that past fisheries management practices have proven inadequate, and secondarily, as a result of the recent major advances in our understanding of man's impact on fisheries as crystalized by the SCOL symposium. On the east coast similar planning efforts by Fisheries and Marine Service staff are in progress. It is not intended in this perspective to attempt to second guess the excellent and detailed strategies that have emerged from any of these planning efforts, rather it is hoped to provide some general focal points for science as it seems appropriate to fisheries rehabilitation initiatives throughout Canada.

Fish Stock Manipulations

Exploitation control — There is need for a substantial improvement in the capability to selectively harvest discrete stocks, to avoid or precisely measure incidental catches, and to finely tune total harvest on a stock-by-stock basis to predicted allowable harvest levels. The science needs implied in the foregoing include: studies designed to refine gear selectivity; studies of stock distribution and movements; and studies designed to provide more reliable allowable harvest prediction. Perhaps even more important, however, is the implied need for rationalization, at the policy level, of the total fishery, and of the allocation between client groups; development of a strong "partnership" atmosphere between client groups and managers; and perhaps new institutional arrangements for management decision making and delivery.

Hatching, rearing, and planting — Many rehabilitation projects will require products from fish culture facilities until naturally reproducing stocks can be reestablished at appropriate levels. Most of the science basic to the hatching, rearing, and planting of salmon and trout is now available. The application of this science, however, is far from uniform throughout Canada, even within regions. Many research and management projects have failed, and will fail, because the health of fish from the hatchery has been taken for granted. Little recognition of the significance of the "stock concept" has been evident until very recently. A more adequate and uniform application of science probably requires modernization of many of the existing fish culture facilities, and an explicit recognition of fish culture as a profession requiring for its successful practice, a high level of specialized training.

Fisheries rehabilitation in the next several decades will require both transfer and extension of available science. The science available for salmon and trout will have to be effectively transferred to professionals, yet to be appointed in many areas, in the fish culture system. The science of walleye culture which has emerged from work in Oneida Lake, New York, and in Iowa, Wisconsin, and Minnesota needs to be assimilated for use in Canada. Similarly the coregonid culture experience of European colleagues needs to be transferred to Canada. The science available for both walleyes and coregonids will undoubtedly require extension and refinement for our rehabilitation programs. Furthermore, in efforts to rehabilitate fish communities which have collapsed as in Lake Ontario, it may be found necessary to learn to culture essential nutrient vectoring species such as the deepwater sculpin, now virtually extinct.

In the most recent thinking on the west coast it seems generally accepted that rehabilitation cannot safely be targeted on a single species, or a single stock within a river system without placing adjacent species and stocks in jeopardy. Here and elsewhere it is becoming apparent that species and stocks must be rebuilt in a balanced community. Recognition and implementation of the foregoing considerations may require extensive modification of the traditional fish culture station design, and will certainly extend the demands upon fish culturists for scientific performance.

Fish health — The current situation appears to be one where many, if not all, fish culture facilities have problems with fish diseases and para-

sites. The extent of these problems is difficult to describe in specific qualitative or quantitative terms because of generally inadequate diagnostic services and because agencies have only recently appreciated the need for accurate records in this respect. In any event, mortalities among fish in culture frequently result in substantial investment losses which ought to be measured and if possible avoided. Furthermore, it is not uncommon to learn that fish in questionable health are planted as part of routine programs, or are made available for research projects. The financial losses and/or ecological consequences of such action must be a matter for speculation only. The foregoing statements are personal, and are not made with any derogatory intent at all. They are intended only to *identify* a problem of serious proportions so that it can be faced and solved by the application of appropriate diagnostic and prophylactic services.

Aggressive fisheries rehabilitation programs will require additional fish-rearing capacity, and perhaps more importantly, will shift the emphasis to a broader spectrum of species and of discrete stocks in culture. Some stocks will be the more valuable because of their rarity, others because they will represent considerable investments of time, money, and science in their selection and breeding.

Important planning initiatives have recently been taken in the area of fish disease control. The Fisheries and Marine Service of Environment Canada have developed, with participation by provincial and university representatives, a draft "Fish Health Protection Regulations" 1975. The Great Lakes Fishery Commission recently endorsed as policy the report prepared by its Fish Disease Control Committee (1975), a significant international development. These reports support the view that disease prevention is well worth the priority attention it now receives in new or in reconstructed culture facilities, and they underline the need for the extension of adequate diagnostic services and prophylactic practices in all fish culture facilities, including those operating in the private sector. The reports also urge the development of policies designed to inhibit the careless transfer of fish from place to place, even within regions.

Economic and ecological considerations generally, and the policy planning results in particular, imply the need for a major center, or centers of excellence for fish health work in Canada. A center should provide for both research and for diagnostic services in support of government and private fish culture and aquaculture facilities. A center should be staffed by federal, provincial, and university people and also contribute to the training of experts who will be needed in the future.

Nutrition — Many general points to which reference was made in the preceding section can be justified, in parallel, for fish nutrition. Thus, fish from our fish culture stations used in experiments and in management programs are not known to have been entirely healthy from a nutritional point of view. Furthermore, there is an often expressed opinion that some fish culture problems which are expressed as disease problems, may arise from stresses to which inadequate diets are important contributors.

Most fish culture facilities in Canada now use diets formulated outside Canada, in some cases, for species other than those being cultured here. The cost of importing preformulated food is rapidly becoming prohibitive. Formulation of similar or alternative diets, using Canadian ingredients requires nutritional expertise not readily available in Canada.

The broader spectrum of species and of stocks to be cultured during rehabilitation programs will undoubtedly require a wider variety of diet formulations than is now available. Furthermore, it is now recognized (Slinger, personal communication) that diets may require fine tuning at different fish culture stations depending on local water chemistry. A further problem emerging in fish culture is that of facility effluent quality, and again it is possible (Slinger, personal communication) that manipulation of diet ingredients may be part of the answer to this problem.

In most of the specialties of animal husbandry: chickens, turkeys, hogs, or cattle, it has been necessary to develop special diets in support of intensive culture. The anticipated level of operations in government fish culture stations, with the parallel needs of private hatcheries, and a developing aquaculture industry should constitute a market area broad enough to justify the Canadian development of special diets, particularly when locally produced ingredients can be used. A recent initiative by Ontario with experts at the University of Guelph has now been augmented by funds from the Fisheries and Marine Service in an attempt to address some of the above problems, and to spark an interest in fish nutrition.

In aquaculture the objective will be to grow, as rapidly as possible, in as little space as possible, and at least expense, fish which will be

palatable and attractive in a package. In rehabilitation programs the objective will require healthy and vigorous fish of several kinds, able to survive in natural waters. The diet requirements will be different.

A center or centers of excellence for fish nutrition, similar to the suggestion for fish health is recommended.

Fish genetics and selective breeding — A number of fish stocks on the west coast, east coast, and in the freshwater area are depressed to critical levels or are extinct. In the Great Lakes where multiple stresses have been evident, the discrete stocks lost may number in the dozens and involve species such as lake trout, whitefish and other coregonids, and walleye. In all areas, it seems prudent to accept as fact the real possibility that we have lost many more stocks than can readily be identified now. Most of these stocks have been lost as a result of man's intervention, direct and/or indirect: fishing, industrializing, dam and/or canal building, trying to reduce the nuisance from black flies, mosquitoes, or budworms, etc. We would be naive to assume that, having recognized the importance of discrete stocks, we will now be able to organize the activities of competitive water users in such a way as to avoid the loss of additional stocks.

Former high abundance levels were supported by communities of species, and by within-species stock complexes. Rehabilitation programs, therefore, are directed toward the rebuilding of these species and stock complexes to levels at which they are again able to reproduce effectively. It is intended that management will be such as to allow them to maintain themselves through natural reproduction. The implication here is that rehabilitation of the Fraser or Saint John River ecosystem, and of lakes Superior or Ontario requires the reestablishment of naturally spawning populations of each of the species and stocks which formerly made up the resource base in those waters. It is recognized that habitat degradation by virtue of new species invasions, and by water quality changes may have eliminated some of the precise habitats formerly occupied by some species or stocks, and that, therefore, we may be unable to fully regain the former levels of abundance. Aggressive habitat management programs such as those undertaken by the Great Lakes Fishery Commission and the International Joint Commission in the Great Lakes are needed to make some of those habitats available again, while others must be considered lost. Having accepted that we are unlikely to fully regain former abundance levels in our rehabilitation programs, there are still major improvements attainable.

In many instances where stocks persist, though at precariously low levels and where their habitats remain healthy, the science necessary for their rehabilitation appears to be available. In cases where stocks are at extremely low levels, it may be advisable, or necessary, to use sex products from males only for cloning with females of a closely related stock, as suggested by Calaprice (1969) and by Ihssen (1976) to obtain adequate numbers of fish containing at least some of the genes necessary to effective rehabilitation. Further careful testing of this technique would be useful.

In many cases where stocks have become extinct, and where they may go to extinction despite our best efforts, and/or in those cases where the habitats have been modified in some irreversible way, the science required for rehabilitation is not yet available. A major new initiative of basic research in fish genetics and selective breeding is necessary.

The necessary new research initiative may not be difficult to mount because scattered existing initiatives have already shown promise of success. In Ontario, for example, beginning in the late 1950s under the guidance of F. E. J. Fry, an attempt has been made to create a new trout stock by hybridization and selective breeding, capable of occupying the vacant lake trout niche in Lake Huron. Hybrids were made between lake trout and brook trout, and the selection techniques to concentrate the deep-swimming lake trout character and the early maturing character of brook trout (Tait 1970; Straight 1969) were developed and applied through four or five generations. The project has been successful in the laboratory and large-scale field testing of the selected hybrid is currently under way in Lake Huron. In this research an attempt was made to build a new trout to occupy the former lake trout habitat which has been modified by the sea lamprey invasion and the several fish community consequences of that event. It is suggested that similar research projects may be necessary for other trout, salmon, whitefish, and walleye populations where original stocks have vanished and where water management cannot be expected to restore habitats of the quality required by the original stocks.

More recently, work in selective breeding and hybridization has been initiated with salmon at St. Andrews on the east coast, Nanaimo on the west coast, and with rainbow trout at Winnipeg. Some of these studies reflect the anticipated need for selection of special characters in aquaculture programs rather than rehabilitation programs.

Whatever the specific objectives of the several beginnings that have been made, all have been contributing to a better definition of the basic questions that must be addressed by research. Some of these follow:

1. What are the mechanisms or patterns of inheritance for discrete characteristics? It will be necessary to select for certain characters (e.g. deep-swimming ability, or tolerance for low oxygen levels) and at the same time avoid the incidental selection of an unwanted character (e.g. stream spawning).
2. What are the specific parameters in a changed environment which have become critical to survival of a stock?
3. Having identified the parameters in (2), what are the selection techniques appropriate to adapting the new stock to the changed environment?
4. How are closely related stocks recognized? By time of spawning, spawning behavior, direction of fry movement after emergence, etc? It was mentioned earlier that some stocks are thought to have been depressed through genetic dilution from indiscriminant plantings of other stocks of the same species. Still the prospect of being able to select from elsewhere a stock appropriate to the vacated niche of an extinct stock is intriguing. Further, if sex products from "closely-related" stocks can be helpful in rehabilitating a critically low, or lost stock, how can the appropriate stock be identified?
5. Is the approach suggested by Calaprice (1969) and by Ihssen (1976), that of maximizing heterozygosity, the best direction to take in rehabilitating extinct stocks? How much variety of parental material is required?

The above are some of the questions for which answers will be needed in rehabilitation programs. It is recommended that a major research initiative in basic fish genetics and selective breeding be undertaken. Genetics, physiology, and behavior are three of the disciplines which need to be part of such an initiative.

While applauding the forward-looking research in genetics and selective breeding that has already been initiated in at least four locations in Canada, it appears now to be appropriate to examine these in detail to determine whether some consolidation or further coordination might be appropriate to more rapid progress on the basic questions before us.

Manipulating the Habitat

The kinds of damage inflicted on the quality fish production capacity of many Canadian waters has been discussed earlier in this perspective and will not be further reviewed here. Much of that damage has been expressed in terms of water quality and the science and initiatives appropriate to improvement in this area will be the subject of another in this series of studies. The timing and the extent of improvement in water quality will directly effect the timing and nature of rehabilitation initiatives. Other damage to the fish habitat has been expressed in terms of modified flow patterns, volumes and sedimentation in river systems, and in water level fluctuations in lakes which have become reservoirs for purposes other than fish production. Fisheries scientists and engineers have had considerable success in circumventing the impacts of damages through the installation of engineering works such as fishways, spawning channels, incubation boxes, etc. Extensive demands on this body of science will be characteristic of rehabilitation initiatives across Canada.

Lister (1974) presented an excellent brief review of the application of this kind of science to salmon enhancement on the west and east coasts since its beginning at Hell's Gate in 1945. His review includes the current operating costs of the installations and their capital costs at the time of construction. He included both "enhancement" and "compensatory" projects, the latter encompassing projects funded to some extent by nongovernment agencies as compensation for damage to the natural resource inflicted by their operations.

On the west coast, the Fisheries and Marine Service and the International Pacific Salmon Fisheries Commission have undertaken some 36 salmon enhancement projects since 1945. Capital investment to date has totalled $25 million, and the current operating costs of these projects approximates $1 million. The major portion of this investment has been devoted to the higher-valued sockeye, chinook, and coho salmon:

	Sockeye	Chum	Pink	Chinook & coho	Multi-species	Total
Capital cost ($ × 1000)	12,940	2,320	727	8,789	512	25,288
Operating cost ($ × 1000)	361	140	9	527	5	1,042

Operating costs including expenditures on project assessment are estimated at $172,000 annually.

Close to 80% of the capital expenditures on Pacific salmon enhancement have been made in the last decade, the major portion ($16.2 million) devoted to three projects: spawning channels for Babine Lake sockeye, and chinook and coho hatcheries at the Capilano and Quinsam rivers. The latter two projects apparently reflect the recent success achieved with hatchery propagation in the northwest United States, but they may be more properly classed as sea ranching than rehabilitation projects.

From the project descriptions listed it is clear that the most efficient investments in rehabilitation have been the fishways at Hell's Gate on the Fraser River and some other locations. At Hell's Gate an investment of $2.3 million has contributed importantly to fish landings marketed at $60 million over the last three decades. Fishways located at other locations in coastal British Columbia have also been generally successful.

Spawning channels constructed in the 1960s for sockeye, pink, and chum salmon have also produced good results. For example, initial production from the Weaver Creek, Seton Creek, and Big Qualicum spawning channels has indicated that landed values of the production from the first 1 or 2 years have exceeded the capital costs. These projects are operative in situations where natural stocks persisted, though at low levels. On the other hand, projects which relied on transplants have failed. The pink salmon transplants to Robertson Creek spawning channel in the early 1960s have not established a self-sustaining run, despite high egg-to-fry survival rates. The attempt to rehabilitate the Nanika River sockeye run, using stock from another part of the Skeena River system (Babine Lake), also failed; whereas at Pitt River the application of similar techniques, i.e. hatchery and incubation channel, with a native stock has produced an average of 54,000 sockeye-per-year to the fishery.

On the east coast all but one of the 25 projects described involve Atlantic salmon, the lone exception being the pink salmon transplant to North Harbour River, Newfoundland. Projects in the Maritime Provinces and Newfoundland have been undertaken by the respective regional divisions of the Fisheries and Marine Service. The Quebec Department of Tourism, Fish and Game has implemented all salmon enhancement projects in that province.

Capital expenditures since 1945 have totalled $5.6 million, and current operating costs approximate $1.2 million. A breakdown of the expenditures by region is given below:

	Newfoundland	Maritimes	Quebec	Total
Capital cost ($ × 1000)	1478	2335	1800	5613
Operating cost	209	656	315	1.180

The annual cost of project assessment, included in the operating cost totals, is estimated at $184,000.

The nine hatcheries in the Maritimes and Quebec account for 54% of the capital investment and 70% of the operating expenditures devoted to Atlantic salmon enhancement. These costs do not include the Mactaquac operation on the Saint John River, which is dealt with as a "compensatory" project. With the exception of the new Anse Pleureuse Station in Quebec, these hatcheries are relatively small, and were established over 35 years ago for fish rearing programs that differed greatly from today's requirements. Although new rearing facilities have been added to each hatchery in the last 20 years, the volume and quality of the available water supplies preclude the expansion of these stations to an economic scale. Plans are underway to consolidate and modernize this hatchery system so as to develop an economically sound program.

The remainder of the capital investment in Atlantic salmon rehabilitation has been devoted mainly to establishing salmon populations in river areas upstream of either natural or man-made obstructions. Positive results have been slow in coming and it appears that Atlantic salmon generally take 1–2 decades to colonize newly accessible areas.

Accordingly, the initiation of runs to these barren areas is now being aided by the combination of spawning channels and adult transplants (Newfoundland) and by the introduction of hatchery-reared juvenile salmon (Maritimes and Quebec).

In the freshwater areas of Canada there has been little accumulation of experience with the use of engineering facilities except hatcheries, in the rehabilitation of fish stocks. The difficulty that managers have encountered in establishing experimental installations has probably been related to the scattered nature of the resources, and to more subtle and long-term expression of the damage for which compensation is required. Thus the effect of drawdowns on lake trout re-

production as discussed by Martin (1955), and of irregular flow patterns in walleye spawning streams (Winterton 1975) are difficult to quantify. The long term effects of small dams and of land clearing on migratory species, Atlantic salmon, and more recently rainbow trout in the Great Lakes tributaries discussed by Christie (1972) and others, have not been corrected to the extent possible using available technique. Recent fishway installations for rainbow trout on the Saugeen and Ganaraska rivers have been successful in extending the stream habitat available for natural reproduction and rearing and have demonstrated the potential benefits to be anticipated from additional installations. Dodge (personal communication) estimates that the useful habitat available for rainbows can be more than doubled in Lake Erie and Ontario watersheds by dam removal and/or by fishway installations. Spawning channels and other flow and water level regulations are thought to have considerable potential for improving production from natural stocks. The artificial spawning beds as studied by Martin (1955) for lake trout and as attempted by J. M. Fraser (personal communication) for brook trout, and by C. R. Jorgenson (personal communication) for walleye hold promise of modest improvements at modest cost.

Very generally, it seems fair to state that the fisheries engineering science necessary to rehabilitation of fisheries in Canada is well established. Extension of the science is necessary, particularly in the freshwater area. Both application and extension will be best served by the continued close cooperation of engineers and fisheries scientists. Each new installation will be most effective if it receives their joint planning and their careful assessment effort.

Some More General Needs

Define "natural" productive capacity — This perspective defines fisheries rehabilitation as a set of programs designed to rebuild fish communities and fish stock complexes to, or close to, former levels of abundance. Those communities and levels are considered likely to have been equivalent to the full expression of the productive capacity of the individual ecosystems. They are also considered to have been, and in future to be, the kind of resource base from which relatively stable long-term harvests can be extracted. The target for an individual rehabilitation project then becomes equivalent to the "natural" productive capacity of that lake or river system, and the measure of success will be the degree to which that target is achieved. Methods for estimating the potential productive capacity of ecosystems will be necessary.

The development of methods for obtaining and testing estimates of the long-term fish production potential from lakes has attracted the attention of several scientists. Among these, the contributions of Rawson (1951; 1952; 1955; 1960), Northcote and Larkin (1956), and of Ryder (1965) are outstanding. Ryder et al. (1974) have reviewed the background papers which led to the development of the morpheodaphic index (MEI) as an estimator. They also briefly reviewed its application in management over a broad geographic range and in a number of lake types including those described in Regier et al. (1971), Henderson et al. (1973), and including the small brook trout waters used in Fraser's (1972) studies.

For streams, on the other hand, while there is considerable literature describing standing crops and harvest, I have been unable to locate an estimator or index to long-term fish productivity. Hynes (1970) reports that primary production in streams is largely dependent upon allochthonous (leaves, etc.) materials. It is generally agreed that morphological characteristics of streams, particularly the "riffle-pool" arrangements, and adequacy of "cover" strongly influence carrying capacity or standing crop (Saunders and Smith 1962a, b; White and Brynildson 1967; Hunt 1971). Several effects of sedimentation on stream carrying capacity for benthic organisms and for fish are also well documented. It would seem possible, given appropriately directed research effort, to develop an index to "natural" fish productive capacity of streams.

For lakes, the fish production potential indices now available can and should be used as first approximations of our targets in rehabilitation projects. Research designed to make these indices more precise, and to provide first approximation of the species or species group components of these total yield estimates should be strongly supported.

For rivers, research designed to develop indices to long term fish production potential should be encouraged.

Develop information systems — Financial and manpower resources have never been, and are not likely to be, adequate to provide for the prompt application of the appropriate pieces of management science to all waters on a lake-by-lake, or stock-by-stock basis at any one time. The available resources must be applied where the need is judged to be most critical and where the benefits to be derived are likely to be greatest.

Thus, for example, a choice must be made in 1977 between working on rehabilitation of a sockeye stock in the Fraser, or in the Skeena, or on a sea-ranching project involving coho in Georgia Strait. In Ontario for example, a choice must be made in 1977 between continuing the lake trout rehabilitation project in Lake Superior at the present level, or cutting that level of effort back to initiate a program in Lake Simcoe to prevent the possible collapse of the traditional fish resource base there. Decisions of this sort are made routinely of course, but all too frequently their bases are far more subjective than objective because information systems are poorly developed. Such decisions ought to be based on current intelligence concerning the status of the fish stocks, the habitat, and on client requirements. Such current intelligence is available only in the few Canadian situations where annual monitoring is already accepted as a recognized component of fish management practice.

Lake, stream, and species or stock surveys (inventory, mapping) have become a traditional and valuable component of fisheries science. Such surveys have been initiated by researchers seeking answers to questions about factors influencing distribution and/or seeking to understand competitive interaction between species; by managers who needed to know the extent of the resource they were attempting to manage; and by sectors of the public concerned about the status of their favorite stock or lake. The point-in-time information provided by the survey approach continues to be valuable, but with our new understanding of the impacts of changing stress levels, it is now recognized as an inadequate base on which to make decisions involving management initiatives.

Under ideal circumstances a manager would like to have, for each lake or stream, current information about the status of fish stocks and about appropriate habitat parameters which affect the status of fish stocks. He would also need a catalog of point levels of each habitat parameter which is critical to the continued health of the fish community. The latter kind of science is not available, but we can substitute trend-through-time data if we are willing to take management action on the basis of the curves. It is obvious also that trend-through-time data cannot be achieved for all parameters and for all waters individually, and a compromise arrangement must be found.

In the SCOL symposium (Loftus and Regier 1972), a considerable measure of success was achieved in treating salmonid communities and/or oligotrophic lakes as a "set" in identifying and studying the general effects of man-induced stresses on those fish communities. On the basis of that success, Loftus (1976) suggests that other types of lakes, perhaps those characteristically dominated by percids, by esocids, and others, may also be treated as "sets." Such an approach may also be applicable to rivers and streams. If the foregoing is accepted, then it should be within our means as fisheries agencies collectively, to achieve adequate trend-through-time data series, for selected critical parameters, in lakes and streams across Canada. These data series, against a completed inventory or mapping program, should provide current information for all waters adequate for objective management decision making.

Ontario is proceeding now in an attempt to identify lake "sets." Assessment units (Byrne and Loftus 1976) responsible for the gathering of appropriate trend-through-time data on fish communities, fish harvests, habitats, and clients, are being established on major waters and on lake "sets" across the province. The inventory or mapping program is continuing. A regionalized system to permit the conversion of assessment unit data to information available to local managers is being developed under the title of Ontario Fisheries Information System (OFIS).

Whether or not it will be possible to implement the above fisheries information system in Ontario, given current fiscal constraints, remains an open question at this time. Whether or not the conceptual framework for OFIS will prove adequate if implemented, also remains to be demonstrated. It has been presented here only as an indication of the kind of fisheries information system that is recommended for development regionally in Canada.

Take the adaptive (experimental) approach — Fisheries scientists are presently approaching rehabilitation programs with a justifiable new level of confidence. This confidence has emerged from new levels of knowledge about how to make fish culture effective; improved understanding of the responses of fish species and communities to the separate and joint effects of man-induced stresses; and the recognition of a general public attitude that is supporting water quality management programs capable of providing improved fish habitats. If this new level of confidence is justified, our past management experience, and indeed the quality of our new levels of understanding, make it clear that major new programs need to be viewed, not only as means of increasing fish stocks, but as means of testing hypotheses and extending our understanding of how the systems work.

In the preceding section the need for improved information systems as a basis for more objective management decision-making was discussed. The inadequacies of our historical information gathering arrangements have precluded the definitive testing of most management techniques presently being used. In rehabilitation programs, we will be attempting to apply, on large scales and in natural situations, hypotheses with which we feel comfortable, but which have yet to be thoroughly field tested. We will be attempting to apply on large scales, and in a variety of situations, results from small-scale, simple field experiments. If the foregoing is true, then it seems important that a few "type" situations ought to be selected for carrying forward major rehabilitation projects having in mind an explicit adaptive or experimental approach. While there are sound grounds for confidence that our rehabilitation efforts will provide positive benefits in terms of improved fish abundance, we recognize that we cannot predict in detail, and we need to learn as we go. The adaptive approach to rehabilitation will require integration of the distinctive and complementary roles of managers and researchers in careful design of plan, execution, and assessment for each major project.

Social and economic science needs — In the earlier years, perhaps to 1940, when there appeared to be lots of fish for everyone, the developing social and economic problems were even less evident to fisheries managers than were the potential limitations in the supply of fish. Recent decades have witnessed the emergence of complex social and economic problems, strongly accentuated by the diminishing supply of fish, which have led us to consider rehabilitation programs. The commercial fishing industry, formerly characterized by small, inshore, low-investment, individual enterprises, has emerged in recent decades as a complex industry which continues to embrace some of the traditional enterprises, but now includes also a highly sophisticated industrial component needing a large, stable, fish resource base on which to operate. Angling, as an opportunity for recreation, has been taken for granted by most Canadians since our pioneer days. Recreational fishing since the 1940s, however, has emerged in a sense parallel to the sophisticated industrial component of the commercial fishing industry, to the extent that it constitutes a major demand on an ever broadening resource base. In addition to these, the needs and rights of native people in terms of fish stocks have emerged recently as requiring serious attention all across Canada. No problem of supply was evident in early years of plenty, but now, when stocks are at low levels, and when all Canadians are more keenly aware of their rights, the issue must be faced.

While the demands of these client groups on the fisheries resources have intensified and expanded, so also have the demands of competitive water uses, with the result that the capacity of many waters to produce those resources has declined seriously. All these events, interacting, have served to define and emphasize the social and economic problems integral to fisheries management.

For some decades fisheries managers have recognized that their information base for decision making has been inadequate in terms of sociological and economic data components. Earlier attempts by fisheries people to develop such data have largely been abandoned and have been replaced by requests for studies by experts in these disciplines. In recent years some excellent studies, MacKenzie (1973), Pearse Bowden Economic Consultants Ltd. (1971), Sinclair (1960), Lambert (1975), and others have brought us closer to identifying the kinds of information needed, and closer to an appreciation of the complexities involved.

While there have been some excellent studies completed, there seems to have been a general reluctance or inability to implement the measures recommended or implied. Without attempting to discuss the reasons for the foregoing, it is suggested that until these difficult issues are faced squarely, and compromise solutions effected, the conflicts among resource users, and between resource users and other users of the water, will continue to confound the best efforts of fisheries people to manage a dwindling resource base. Rehabilitation programs, which could otherwise be successful, may fail in the long run for the same reason.

Sociological and economic experts must be an integral part of the team along with fisheries experts in planning and assessing rehabilitation programs.

Synthesis and communication — Most of the science of fisheries has been developed by researchers and managers who have duly reported their contributions as individuals. This process has provided for the appropriate recognition of the contributions to science by individuals and by their sponsoring agencies, and has led to a commendably rapid advance of fisheries science in general. It has also led to the creation of a fragmentary literature, in an expanding number of journals, which is neither obviously or easily

integrated. It has been suggested (Loftus 1976) that fisheries science has developed to the stage where it is now very difficult for individual scientists to be fully aware of what is known and reported. The science now seems to be at the stage where it is necessary to give special emphasis to synthesizing what is known, not only as a basis for new research initiatives, but also to provide for effective communication with and among managers for application, and also with the public for general understanding and support. Because of understandable preoccupation with matters of more immediate concern, both managers and researchers have tended to leave the responsibility for synthesis and communication to the other, a situation which has contributed to the ineffective application of available science and to a general deterioration of comfortable communications between researchers and managers.

If the foregoing generality comes close to reality, then it deserves special attention when a major initiative, such as a national fisheries rehabilitation program, is about to be launched. No such program can provide maximum benefits in return for funds and time expended in the absence of full support by all participants, researchers, managers, and clients. Full support of all participants can only be achieved on the basis of a broad understanding of the status of the science and on an appreciation of the useful role of each in the entire program.

Fortunately the generality of the above concern is no longer valid because there have been some recent examples of synthesis and effective communication in recent years. For example, the Ricker paper concerning the stock concept (Ricker 1972) appears to be the kind of synthesis which is essential to the success of programs such as salmon rehabilitation. We ought not to take it for granted, however, that all people who will be involved in salmon rehabilitation have had the opportunity to read it or to understand it. We certainly cannot assume that many managers in areas other than the west coast have recognized its implications in their management or rehabilitation programs. A major job of communications may yet be necessary, even though the synthesis has been in print for some years. Another recent exercise in the synthesis of existing but scattered science occurred in the SCOL symposium (Loftus and Regier 1972). There has been some effective communication of the inferences and implications in the freshwater area by virtue of training sessions and popular articles, but it is unlikely that people concerned with inshore, marine, and offshore fisheries have recognized the possible relevance to their problems.

The H. R. MacMillan series of fisheries lectures at the University of British Columbia, the Ricker (1975) publication concerning computation and interpretation of biological statistics of fish populations, the 1966 review of research programs concerned with methods for increasing salmon populations prepared by staff of the Fisheries and Marine Service, Pacific Biological Station, Nanaimo, and the review of salmon development techniques prepared by the Resource Development Branch of the then Department of Fisheries (1966), Vancouver, all are examples of good attempts at syntheses and/or communications. So a good start has been made.

It is recommended that the synthesis of available science, and its communication throughout research and management ranks, be recognized as an explicit responsibility of fisheries research and management people jointly. If these responsibilities are met, communications with client groups will follow, almost automatically. They will not be met, however, unless special working sessions, carefully organized around specific and appropriate topics are undertaken on a national, then regional basis.

The works of Roderick Haig-Brown and Rachael Carson are examples of the kind of communications which are effective in reaching the general public sector, as opposed to specific client groups, whose understanding and support is also essential to progress in the management of fisheries resources. A special initiative to provide this kind of communication for fisheries science is recommended.

Institutional arrangements — This subject is identified as one of the general issues requiring attention and resolution if the fisheries science now available is to be efficiently applied to fisheries rehabilitation programs, or indeed to fisheries management programs generally. Its resolution is important also to the effective prosecution of the new research required. If, in reading this heading, the reader immediately assumes that another reorganization is being suggested, be assured that something much more basic and effective than reorganization is implied.

During the current, joint Federal–Provincial effort to develop a Strategic Plan for Ontario Fisheries (SPOF), the working group identified "inadequate institutional arrangements" as a major issue to be addressed. The issue appeared to have two major elements; one reflected in legislation, the other in traditional interagency working arrangements.

The second working paper from SPOF listed 43 Federal and 39 Provincial acts which directly

or indirectly affect fish, fish habitats, and the fisheries manager's opportunity to manage fisheries. Clearly this is a matter requiring simplification and consolidation at both levels of government. The extent of fragmentation of authority and responsibility imposed by these acts, and by the several ministries involved, seems inconsistent with the direct value of the resources concerned. Coordination of goals and of available resources is difficult if not impossible under these circumstances. Regrettably, it is possible to give examples of projects, undertaken at formidable public expense by different ministries at a single government level which effectively cancel each other.

A number of "agreements" have been negotiated between Federal and Provincial governments which make explicit the responsibilities of the two agencies in the "shared" programs of fisheries research and management. Such agreements have from time to time been cancelled and/or renegotiated, and no two agreements are quite the same at present. Similarly, the support arrangements between the Federal Government, and in some instances Provincial governments, and Universities in support of research and postgraduate training in fisheries have changed through time and are presently at a seriously low level, if one can judge by the situation in Ontario. Similarly also, government policy with respect to industry support or development has been subject to change and sometimes negotiation. The foregoing is recorded simply to underline the fact that agreements do exist and that they are, to an important extent, negotiable. In the background study for the Science Council of Canada, Pimlott et al. (1971) also took note of these agreements and suggested that it might be advantageous to fisheries if they were reviewed.

If, in the case of the Federal–Provincial agreements, the objective is to achieve an appropriate division of responsibility and an appropriate total level of effort and coordination to achieve effective fisheries management, then one might conclude that none of the agreements is successful. On the east coast where the Federal Government has total responsibility, the shelf-seas stocks are considered to be under severe stress (Regier and McCracken 1975) and the inshore stocks are severely depressed (McCracken and Macdonald 1976). In Ontario, as an example of the freshwater areas, where the Province and the Federal Government have agreed on explicitly shared responsibility, a major increase in rehabilitation efforts is required for Great Lakes fish communities. On the west coast where a different kind of Federal–Provincial agreement is in place, a major rehabilitation program is considered necessary for the salmon stocks. Certainly the factors contributing to the declines in the fisheries resources across the country are largely external to the wording of the several agreements. Nevertheless, one wonders if the agreements, or institutional arrangements, have not in fact made some contribution to the problems, and more importantly, one wonders if such traditional arrangements will provide adequate frameworks within which rehabilitation of fish stocks can be achieved. P. A. Larkin expresses a concern of this sort in his personal communication "A view from Victoria," with respect to the Federal Government initiative in salmon enhancement.

Neither Federal nor Provincial governments can achieve the effective application of fisheries science without generous admixtures of social and economic information, nor can they do so in the absence of support from the public sector. The public sector is now recognized as much more complex than in earlier years when the idea seemed to be to do something for the commercial fishermen. The public sector is now recognized to include commercial fishermen, commercial tourist outfitters, commercial gear producers, recreational fishermen, resident and nonresident anglers, native peoples, nonconsumptive users, other water users, and others. All these clients live in a province, or operate from a provincial base. Under these newly recognized circumstances it seems impossible for the federal agency to execute effective fisheries management without full partnership with provincial agencies. It also is evident for these and other reasons that provincial agencies are unable to mount adequate programs without fully integrated federal support. Effective participation by expert university staff is essential in both research and training and can be constructive in policy planning as well, to both levels of government.

The current total allocations by federal and provincial fisheries agencies, and by other agencies funding fisheries related projects, must be considered impressive. From the public point of view it may look adequate, and most assuredly it is all "government" and it is all "tax dollars." From the vantage point of fisheries scientists the view might be remarkably similar if the unimportant, but traditional, agency rivalries and protectionisms could be stripped from the evaluation.

At this time, when fisheries science is capable of producing major improvements in fish abundance, and when fish stocks generally so badly need improved management, it would be a tragedy indeed if the major initiative now almost

within our grasp, were rendered ineffective because agencies are too comfortable in their traditional postures. In the SPOF exercise the scientists directly involved have explicitly shed their agency affiliations and have been able to communicate effectively and to plan for fisheries rather than for fisheries agencies. It will be interesting to see if governments can do likewise.

Summary and Recommendations

A brief review of the status of salmonid communities on the west and east coasts, and of fish communities in selected freshwater lakes is presented. Most fisheries are presently operating on resource bases which are depressed by about half in comparison to earlier abundance levels. Many discrete stocks which formerly contributed to the resource base are at critically low levels, and some are extinct.

Stresses contributing to the currently depressed stock levels differ mainly in degree from one coast to the other and include: (1) overexploitation — evident in all areas considered. Fishing power and demands by client groups continue to increase; (2) excessive nutrient loading — evident in waters adjacent to metropolitan areas, intensive agriculture; and excessive cottage and recreational development; (3) contaminant loading — evident in waters adjacent to intensive industrial, mining, forestry, and agricultural developments; (4) modified flow patterns — resulting from natural events, but mainly from engineering works such as dams and diversions which impede access to spawning areas and which reduce or modify the fish production capacity of streams or lakes ; (5) new species invasions, such as sea lamprey, smelt, and alewives; (6) shoreline modification, irrigation, etc.

The stock concept, as explicitly recognized in sockeye salmon and other salmonids on the west coast, is seen as applicable to most other important fish species.

Major thrusts, such as those currently being initiated for salmon on the west coast to regain former levels of fish abundance, are timely now. Much of the science needed is available but requires synthesis and transfer. The new science required can be identified and seems within reach. Some initiatives in water quality and habitat management which are prerequisites for fisheries rehabilitation are already under way. Examples include the programs of the Great Lakes Fishery Commission and of the International Joint Commission.

The term "enhancement," despite its current popularity, is rejected on the grounds that it encompasses two quite different, and perhaps antagonistic, approaches to improving the abundance of fish: sea ranching and rehabilitation. The consequences of taking one or the other approach are here seen to be quite different and to require explicit policy decisions. The author recommends the rehabilitation approach for Canada, discusses science needs in that context, and makes the following recommendations:

1) Extend the application of available science concerning salmonid hatching, rearing, and planting in Canada by modernizing fish culture facilities and by recognizing fish culture as a profession. Arrange for the assimilation of the fish culture science developed elsewhere for other species such as walleye and coregonids, and further develop this science.

2) Give special emphasis to the stock concept in rehabilitation programs. This emphasis may require the development of small, versatile, and mobile fish culture units rather than the more "efficient" large, permanent, fish culture stations now popular.

3) Develop a national center or centers for fish health (diseases and parasites) work. A considerable research initiative will be needed, along with diagnostic and prophylactic services for government and for private sector fish culture operations. Federal, provincial, and university people staffing the facility should be fully integrated. Discourage the careless transfer of fish.

4) Develop a national center or centers for fish nutrition studies, having terms of reference similar to those listed for (3), and preferably integrated with the location for (3).

5) Sponsor a major basic research initiative in fish genetics and selective breeding. Physiologists and behaviorists as well as geneticists will be needed as part of the team. Review the current scattered initiatives in this field with a view to consolidating available experts in a national center or centers. Here too, federal, provincial, and university staffs should be integrated.

6) Continue research and management studies (gear selectivity, stock in relation to community ecology) designed to improve the capability to harvest stocks selectively.

7) Extend fisheries engineering science by team planning and assessment on a project-by-project basis on the coasts. Initiate programs to adapt the available science to freshwater species.

8) Provide support for additional research designed to refine indices to fish production potential for lakes and streams. Encourage the use of available indices as being first estimates of the targets for rehabilitation projects.

9) Develop fisheries information systems on a

regional basis. Such systems should provide continuing data series (fish community, harvest, habitat, and users) from carefully selected type waters, and will help managers decide what should be done where, and when. Fish community as used here has reference to the several species in the community and to the several stocks within species. Resource mapping (surveys) should be continued to completion.

10) Social and economic data, now more important than ever in management decision making, must be greatly expanded and incorporated in the "user" component of fisheries information systems.

11) Take the adaptive (experimental) approach to a few large rehabilitation projects. While we have confidence in our ability to improve standing crops, it is recognized that we cannot predict in detail the consequences of our efforts. Teams of research and management people must be integrated at all stages of planning, execution, and assessment so that learning opportunities will be maximized.

12) Explicit efforts are needed to synthesize the scattered and voluminous science that is available. We will probably find that more is known than we have been aware of. Such syntheses will provide a necessary means of organizing for more effective communications among fisheries people and with the public.

13) The traditional institutional arrangements for getting the job of fisheries research and management done have not been very successful. The distinction between federal, provincial, or university experts is of little importance to people who foot the bill. Perhaps in approaching a major new initiative in fisheries we have a unique opportunity to forget our traditional differences, and to do, collectively, a much more effective job.

14) Brief comment, specific to B.C. salmon, may be appropriate on the eve of the major initiative currently being planned. While all of the above recommendations have some application to salmon rehabilitation, particular emphasis is suggested for (a) the policy decision relating to rehabilitation vs. sea ranching and (b) the adaptive or experimental approach. The time is right for an aggressive initiative. That initiative should be undertaken in a few carefully selected sites, and it should be very carefully planned by the best team of experts available in research and management. That team must also be applied in the follow-up assessment studies which will be critical to the continued success of the salmon program, and to programs across the country. Because the demands on research will be extensive, both for specific research initiatives and for participation in field projects, the percentage of available operating funds designated for research will need to be high, perhaps 15 or 20%, particularly in the first 10 or 15 years.

Acknowledgments

This study was supported by the Fisheries Research Board of Canada in terms of travel expenses, and by the Ontario Ministry of Natural Resources in terms of the time away from regular responsibilities. The Fisheries Research Board, Fisheries Resources Committee to which I was responsible consisted of P. A. Larkin, P. Russell, S. Sinclair, and K. F. Harding. These people and Board officers J. R. Weir and W. R. Martin all provided advice and guidance. Colleagues associated with parallel studies with Fisheries Research Board who were particularly helpful included H. A. Regier, H. H. Harvey, G. I. Pritchard, and F. D. McCracken. Busy fisheries people from coast to coast kindly shared time and ideas with me and though they are too numerous to list here, their contributions were very much appreciated and are herein acknowledged. Among those whose criticisms were especially helpful in manuscript revisions were G. C. Armstrong, E. W. Burridge, W. J. Christie, C. W. Douglas, K. K. Irizawa, R. A. Ryder, R. L. Saunders, D. P. Scott, and R. C. Thomas.

References

BEETON, A. M. 1961. Environmental changes in Lake Erie. Trans. Am. Fish. Soc. 90: 153–159.

1965. Eutrophication of the St. Lawrence Great Lakes. Limnol. Oceanogr. 10: 240–254.

1969. Changes in the environment and biota of the Great Lakes. p. 150–187. *In* Eutrophication: causes, consequences, and correctives. Proc. Symp. Nat. Acad. Sci. Washington, D.C.

BERST, A. H., AND G. R. SPANGLER. 1972. Lake Huron: effects of exploitation, introductions and Eutrophication on the salmonid community. J. Fish. Res. Board Can. 29: 877–887.

1973. Lake Huron: the ecology of the fish community and man's effects on it. Great Lakes Fish. Comm. Tech. Rep. 21: 41 p.

BERST, A. H., AND A. A. WAINIO. 1967. Lamprey parasitism of rainbow trout in southern Georgian Bay. J. Fish. Res. Board Can. 24: 2539–2548.

BUDD, J. C. 1957. Movements of tagged whitefish in northern Lake Huron and Georgian Bay. Trans. Am. Fish. Soc. 86: 128–134.

BUDD, J. C., AND D. CUCIN. 1962. Exploitation of Canadian Lake Huron whitefish. Trans. Am. Fish. Soc. 91: 223–224.

BUDD, J. C., J. B. SMITH, AND F. E. J. FRY. 1963. Year class variation in the whitefish of South Bay, Man-

itoulin Island. Ont. Dep. Lands For., and Dep. Zool., Univ. Toronto. 29 p.

BYRNE, J. M., AND K. H. LOFTUS. 1976. The function of assessment units in the Ontario Ministry of Natural Resources. 24 p. (Mimeo)

CALAPRICE, J. R. 1969. Production and genetic factors in managed salmonid populations, p. 377–388. *In* Symposium on salmon and trout in streams 1968. H. R. MacMillan Lectures in Fisheries. Univ. British Columbia, Vancouver, B.C.

CHRISTIE, W. J. 1972. Lake Ontario: effects of exploitation, introductions and eutrophication on the salmonid community. J. Fish. Res. Board Can. 29: 913–919.

1973. A review of the changes in the fish species composition of Lake Ontario. Great Lakes Fish. Comm. Tech. Rep. 23: 65 p.

1974. Changes in the fish species composition of the Great Lakes. J. Fish. Res. Board Can. 31: 827–854.

CHRISTIE, W. J., J. M. FRASER, AND S. J. NEPSZY. 1972. Effects of species introductions on salmonid communities in oligotrophic lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 969–973.

COLBY, P. J., G. R. SPANGLER, D. A. HURLEY, AND A. M. MCCOMBIE. 1972. Effects of eutrophication on salmonid communities in oligotrophic lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 975–983.

COLLINS, J. J. 1971. The introduction of kokanee (*O. nerka*) into Lake Huron. J. Fish. Res. Board Can. 28: 1857–1871.

CUCIN, D., AND H. A. REGIER. 1965. Dynamics and exploitation of lake whitefish in southern Georgian Bay. J. Fish. Res. Board Can. 23: 221–274.

DILLON, P. J., AND F. H. RIGLER. 1975. A simple method for predicting the capacity of a lake for development based on lake trophic status. J. Fish. Res. Board Can. 32: 1519–1531.

ELSON, P. F. 1940. Effects of current on the movement of speckled trout. J. Fish. Res. Board Can. 4: 491–499.

ELSON, P. F. AND C. J. KERSWILL. 1968. The biology and use of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Canada — a synopsis of present knowledge and assessment of research needs. 58 p.

ELSON, P. F., A. L. MEISTER, J. W. SAUNDERS, R. L. SAUNDERS, J. B. SPRAGUE, AND V. ZITKO. 1972. Impact of chemical pollution on Atlantic salmon in North America. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4(1): 83–110.

ESCHMEYER, P. H. 1955. The reproduction of lake trout in southern Lake Superior. Trans. Am. Fish. Soc. 84: 47–74.

FERGUSON, R. G., AND A. J. DERKSEN. 1971. Migrations of adult and juvenile walleyes (*Stizostedion vitreum vitreum*) in southern Lake Huron, Lake St. Clair, Lake Erie and connecting waters. J. Fish. Res. Board Can. 28: 1132–1142.

FRASER, J. M. 1972. Recovery of planted brook trout, splake, and rainbow trout from selected Ontario lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 129–142.

GIBSON, R. J. 1972. Interactions of juvenile Atlantic salmon and brook trout. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4(1): 181–202.

GILBERT, C. H., AND H. O'MALLEY. 1921. Investigations of the salmon fisheries of the Yukon River. U.S. Comm. Fish. Rep. 6: 128–154.

GREAT LAKES. FISHERY COMMISSION ANNUAL REPORTS. Ann Arbor, Mich. 1956–1973.

HAIG-BROWN, R. 1959. Fisherman's summer. William Morrow and Co., New York, N.Y. 253 p.

HARLOW, G. L. 1966. Major sources of nutrients for algal growth in western Lake Erie, p. 389–394. *In* Proc. 9th Conf. Great Lakes Res. 1966. Int. Assoc. Great Lakes Res.

HARTMAN, W. L. 1972. Lake Erie: effects of exploitation, environmental changes, and new species on the fishery resources. J. Fish. Res. Board Can. 29: 899–912.

1973. Effects of exploitation, environmental changes and new species on the fish habitats and resources of Lake Erie. Great Lakes Fish. Comm. Tech. Rep. 22: 43 p.

HENDERSON, H. F., R. A. RYDER, AND A. W. KUDHONGANIA. 1973. Assessing fishery potentials of lakes and reservoirs. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2000–2009.

HUNT, R. L. 1971. Responses of a brook trout population to habitat development. Wis. Dep. Nat. Res. Tech. Bull. 48: 38 p.

HUNTSMAN, A. G. 1972. The truth about salmon fishing. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found., Spec. Publ. Ser. 4(1): 449–462.

HURLEY, D. A. 1970. Seasonal changes in several biotic and abiotic constituents at three stations in the Bay of Quinte. Ont. Dep. Lands For. Sect. Rep. (Fish.) 73: 50 p.

[Chairman]. 1973. First annual report of Project Quinte for 1972. Glenora Fish. Res. Stn. 30 p.

HYNES, H. B. N. 1970. The ecology of running waters. Univ. Toronto Press, Toronto, Ont. 55 p.

IHSSEN, P. 1976. Selective breeding and hybridization in fisheries management. J. Fish. Res. Board Can. 33: 316–321.

JOHNSON, L. 1972. Keller Lake: Characteristics of a culturally unstressed salmonid community. J. Fish. Res. Board Can. 29: 731–740.

JORGENSEN, C. R. 1975. The fisheries of Lake Nipissing. Ont. Dep. Nat. Resour. Libr. 179 p.

KELEHER, J. J. 1972. Great Slave Lake: Effects of exploitation on the salmonid community. J. Fish. Res. Board Canada 29: 741–753.

KERSWILL, C. J. 1967. Studies on effects of forest sprayings with insecticides, 1952–63 on fish and aquatic invertebrates in New Brunswick streams: Introduction and summary. J. Fish. Res. Board Can. 24: 701–708.

KILLICK, S. R. 1955. The chronological order of Fraser River sockeye salmon during migration, spawning and death. Int. Pac. Salmon Fish. Comm. Bull. 7: 95 p.

LAMBERT, L. 1975. Ontario's Lake Erie commercial fishery — a social and economic profile. Ont. Dep. Nat. Resour., Comm. Fish Fur Branch Rep. 38 p.

LANGLOIS, T. H. 1946. Statement of the basis for the Ohio point of view regarding management of the Great Lakes fisheries. Univ. Toronto, Dep. Zool. Libr. Rep. 12 p. (Mimeo)

LARKIN, P. A. 1972. The stock concept and management of Pacific salmon, p. 11–15. *In* The stock concept in Pacific salmon, H. R. MacMillan Lectures in Fisheries. Univ. British Columbia, Vancouver, B.C.

1975. Play it again Sam — an essay on salmon enhancement. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1433–1456.

LAWLER, G. H., L. A. SUNDE, AND J. WHITAKER. 1974. Trout production in prairie ponds. J. Fish. Res. Board Can. 31: 929–936.

LAWRIE, A. H. 1970. The sea lamprey in the Great Lakes. Trans. Am. Fish. Soc. 99: 766–775.

LAWRIE, A. H., AND J. F. RAHRER. 1972. Lake Superior: Effects of exploitation and introductions on the salmonid community. J. Fish. Res. Board Can. 29: 765–776.

1973. Lake Superior, a case history of the lake and its fisheries. Great Lakes Fish. Comm. Tech. Rep. 19: 69 p.

LISTER, D. B. 1974. A brief review of salmon enhancement programs in Pacific and Atlantic Canada. MS Rep. for Government/Industry Policy Development Seminar on Resource Enhancement, Vancouver, B.C. 11 p.

LOFTUS, K. H. 1958. Studies of river-spawning populations of lake trout in eastern Lake Superior. Trans. Am. Fish. Soc. 87: 259–277.

1976. A new approach to fisheries management and F. E. J. Fry's role in its development. J. Fish Res. Board Can. 33: 321–325.

LOFTUS, K. H., AND H. A. REGIER. 1972. Introduction to the proceedings of the 1971 symposium on salmonid communities in oligotrophic lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 613–616.

MACCRIMMON, H. R. 1968. Carp in Canada. Bull. Fish. Res. Board Can. 165: 94 p.

1971. World distribution of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Board Can. 28: 663–704.

MACCRIMMON, H. R., AND T. L. MARSHALL. 1968. World distribution of brown trout, *Salmo trutta*. J. Fish. Res. Board Can. 25: 2527–2548.

MACKAY, H. H. 1963. Fishes of Ontario. Ont. Dep. Lands For. 292 p.

MACKENZIE, W. C. 1973. Reconciling conflicts among different economic interest groups in the management of fisheries. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2065–2069.

MARTIN, N. V. 1955. The effect of drawdowns on lake trout reproductions, and the use of artificial spawning beds. Trans. 20th North Am. Wildl. Conf. p. 263–271.

1957. Reproduction of lake trout in Algonquin Park, Ontario. Trans. Am. Fish. Soc. 86: 231–244.

1960. Homing behaviour in spawning lake trout. Can. Fish. Cult. 26: 3–6.

MARTIN, N. V., AND F. E. J. FRY. 1972. Lake Opeongo: Effects of exploitation and introductions on the salmonid community. J. Fish. Res. Board Can. 29: 795–805.

MCCRACKEN, F. D., AND R. D. S. MACDONALD. 1976. Science for Canada's Atlantic inshore seas fisheries. J. Fish. Res. Board Can. (In press)

MCKERNAN, D. L. 1972. Atlantic Salmon — an endangered species or a resource for the future. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4(1): 13–20.

MILLS, D. 1972. Preliminary assessment of the characteristics of spawning tributaries of the River Tweed with a view to management. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4(1): 145–155.

MOLLER, D. 1970. Transferring polymorphism in Atlantic salmon (*Salmo salar*). J. Fish. Res. Board Can. 27: 1617–1625.

NARVER, D. W. 1969. Age and size of steelhead trout in the Babine River, British Columbia. J. Fish. Res. Board Can. 26: 2754–2760.

NARVER, D. W., AND F. C. WITHLER. 1971. Age and size of steelhead trout (*Salmo gairdneri*) in anglers' catches from Vancouver Island, British Columbia streams. Fish. Res. Board Can. Nanaimo Biol. Stn. Circ. 91: 26 p.

NEEDLER, A. W. H. 1972. The problem of Atlantic salmon production and use in North America. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4(1): 31–35.

NORTHCOTE, T. G. 1972. Kootenay Lake: Man's effects on the salmonid community. J. Fish. Res. Board Can. 29: 861–865.

NORTHCOTE, T. G., AND P. A. LARKIN. 1956. Indices of productivity in British Columbia lakes. J. Fish. Res. Board Can. 13: 515–540.

OLVER, C. H., AND C. A. LEWIS. 1971. Reproduction of planted lake trout in Gamitagama, a small precambrian lake in Ontario. Ont. Dep. Nat. Resour. 12 p.

PAYNE, N. R. 1963. The life history of the yellow walleye in the Bay of Quinte. M.A. Thesis, Univ. Toronto, Toronto, Ont. 40 p.

PEARSE BOWDEN ECONOMIC CONSULTANTS LTD. 1970. The value of nonresident sport fishing in British Columbia. Study Rep. 4 on the economics of wildlife and recreation. 65 p.

1971. The value of freshwater sport fishing in British Columbia. Study Rep. 5 on the economics of wildlife and recreation. 65 p.

PIMLOTT, D. H., C. J. KERSWILL, AND J. R. BIDER. 1971. Scientific activities in fisheries and wildlife resources. Sci. Counc. Can. Background Study 15: 191 p.

POWER, G. 1972. Salmon management — myths and magic. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4(1): 427–439.

PYCHA, R. L., AND G. R. KING. 1975. Changes in the lake trout populations of southern Lake Superior in relation to fishing, the sea lamprey and stocking, 1950–70. Great Lakes Fish. Comm. Tech. Rep. 28: 33 p.

RAWSON, D. S. 1951. The total mineral content of lake waters. Ecology 32: 669–672.

1952. Mean depth and the fish-production of large lakes. Ecology 33: 513–521.

1960. A limnological comparison of twelve large lakes in northern Saskatchewan. Limnol. Oceanogr. 5: 195–211.

REGIER, H. A. 1976. Science for the scattered fisheries of the Canadian interior. J. Fish. Res. Board Can. (In press)

REGIER, H. A., V. C. APPLEGATE AND R. A. RYDER. 1969. The ecology and management of the walleye in western Lake Erie. Great Lakes Fish. Comm. Tech. Rep. 15: 101 p.

REGIER, H. A., A. J. CORDONE, AND R. A. RYDER. 1971. Total fish landings from fresh waters as a function of limnological variables, with special reference to lakes of east-central Africa. FAO Fish Stock Assess. Work Pap. 3: 13 p.

REGIER, H. A., AND W. L. HARTMAN. 1973. Lake Erie's

fish community: 150 years of cultural stresses. Science 180: 1248–1255.

REGIER, H. A., AND K. H. LOFTUS. 1972. Effects of fisheries exploitation on salmonid communities in oligotrophic lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 959–968.

REGIER, H. A., AND F. D. MCCRACKEN. 1975. Science for Canada's shelf-seas fisheries. J. Fish. Res. Board Can. 32: 1887–1932.

RICKER, W. E. 1962. Productive capacity of Canadian fisheries. Fish. Res. Board Can. Nanaimo Biol. Stn. Circ. 64: 79 p.

1972. Hereditary and environmental factors affecting certain salmonid populations, p. 19–160. *In* The stock concept in Pacific salmon. H. R. MacMillan Lectures in Fisheries. Univ. British Columbia, Vancouver, B.C.

1973. Two mechanisms that make it impossible to maintain peak-period yields from stocks of Pacific salmon and other fishes. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1275–1286.

1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 191: xviii + 382 p.

RYDER, R. A. 1965. A method for estimating the potential fish production of north-temperature lakes. Trans. Am. Fish. Soc. 94: 214–218.

1968. Dynamics and exploitation of mature walleyes (*Stizostedion vitreum vitreum*) in the Nipigon Bay region of Lake Superior. J. Fish. Res. Board Can. 25: 1347–1376.

1972. The limnology and fishes of oligotrophic glacial lakes in North America (about 1800 A.D.). J. Fish. Res. Board Can. 29: 617–628.

RYDER, R. A., AND L. JOHNSON. 1972. The future of salmonid communities in North American oligotrophic lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 941–949.

RYDER, R. A., S. R. KERR, K. H. LOFTUS, AND H. A. REGIER. 1974. The morphoedaphic index, a fish yield estimator — review and evaluation. J. Fish. Res. Board Can. 32: 663–688.

SAUNDERS, J. W., AND M. W. SMITH. 1962a. Physical alteration of stream habitat to improve brook trout production. Trans. Am. Fish. Soc. 91: 185–188.

1962b. Physical alteration of stream habitat to improve brook trout production. Trans. Am. Fish. Soc. 91: 388–394.

SAUNDERS, R. L. 1967. Seasonal pattern of return of Atlantic salmon in the northwest Miramichi River, New Brunswick. J. Fish. Res. Board Can. 24: 21–32.

SCOTT, W. B., AND J. W. CHRISTIE. 1963. The invasion of the lower Great Lakes by the white perch, *Roccus americanus* (Gmelin). J. Fish. Res. Board Can. 20: 1189–1195.

SHAPOVALOV, L., AND C. A. TAFT. 1954. The life histories of the steelhead rainbow trout, (*Salmo gairdneri gairdneri*) and silver salmon (*O. kisutch*) with special reference to Wadell Creek, California, and recommendations regarding their management. Calif. Dep. Fish Game Fish. Bull. 98: 375 p.

SHEPPARD, D. 1972. The present status of the steelhead trout stocks along the Pacific coast. Univ. Wash. College Fish., Manusc. Rep. 64 p.

SINCLAIR, S. 1960. License limitation — British Columbia — a method of economic fisheries management. Can. Dep. Fish.

SMITH, J. B. 1968. Former lake trout spawning grounds in Lake Huron. Ont. Dep. Lands For. Sect. Rep. (Fish.) 68: 37 p.

SMITH, M. W. 1948. Yield of speckled trout to anglers from certain lakes in New Brunswick and Nova Scotia. Fish. Res. Board Can. Prog. Rep. Atl. Coast 42: 7–10.

1951. The speckled trout fishery of Prince Edward Island. Can. Fish. Cult. 11: 1–6.

1952. Limnology and trout angling in Charlotte County lakes, New Brunswick. J. Fish. Res. Board Can. 8: 383–452.

1960. An attempt to improve trout fishing in a New Brunswick lake by deferrment of opening of angling season. J. Fish. Res. Board Can. 17: 677–685.

1963. Influence of pond formation on brook trout movements and angling success. J. Fish. Res. Board Can. 20: 327–345.

1968. Fertilization and predator control to increase growth rate and yield of trout in a natural lake. J. Fish. Res. Board Can. 25: 2011–2036.

SMITH, M. W., AND J. W. SAUNDERS. 1967. Movements of brook trout in relation to an artificial pond on a small stream. J. Fish. Res. Board Can. 24: 1743–1761.

1968. Effect of pond formation on catches of brook trout from a coastal stream system. J. Fish. Res. Board Can. 25: 209–238.

SMITH, S. B. 1968. Racial characteristics in stocks of anadromous rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Ph.D. Thesis. Univ. Alberta, Edmonton, Alta. 160 p.

SMITH, S. H. 1968. Species succession and fishery exploitation in the Great Lakes. J. Fish. Res. Board Can. 25: 667–693.

1972. The future of salmonid communities in the Laurentian Great Lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 951–957.

SPANGLER, G. R. 1974. Mortality factors and dynamics of a Lake Huron lake whitefish population. Ph.D. Thesis. Univ. Toronto, Toronto, Ont. 87 p.

STEWART, L. 1972. Environmental engineering and monitoring in relation to salmon management. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4(1): 297–313.

STRAIGHT, W. J. 1969. Depth distribution of splake of known ability to retain swimbladder gas. M.Sc. Thesis. York Univ., Downsview, Ont. 45 p.

TAIT, J. S. 1970. A method of selecting trout hybrids (*Salvelinus fontinalis* × *S. namaycush*) for ability to retain swimbladder gas. J. Fish. Res. Board Can. 27: 39–45.

TURNER, C. E., AND K. V. ARO. 1968. Atlas of salmon catches made by longlines in the eastern North Pacific Ocean, 1961 to 1967. Fish. Res. Board Can. MS rep. 983: 15 p. + 217 tables.

UTHE, J. F., AND R. A. RYDER. 1970. Regional variation in muscle myogen polymorphism in walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*) as related to morphology. J. Fish. Res. Board Can. 27: 923–927.

VAN OOSTEN, J. 1948. Turbidity as a factor in the decline of Great Lakes fishes with special reference to Lake Erie. Trans. Am. Fish. Soc. 75: 281–322.

WAGNER, H. H. 1967. A summary of investigations of the use of hatchery-reared steelhead in the management of

a sport fishery. Oregon State Univ., Oreg. State Game Comm. Res. Div. Fish. Rep. 5: 62 p.

WELLS, L., AND A. L. MCLAIN. 1972. Lake Michigan: effects of exploitation, introductions and eutrophication on the salmonid community. J. Fish. Res. Board Can. 29: 889–898.

WHITE, H. C. 1940. Life history of sea-running brook trout (*Salvelinus fontinalis*) of Moser River, N.S. J. Fish. Res. Board Can. 5: 176–186.

WHITE, R. J., AND O. M. BRYNILDSON. 1967. Guidelines for management of trout stream habitat in Wisconsin. Wis. Dep. Nat. Res., Tech. Bull. 39: 65 p.

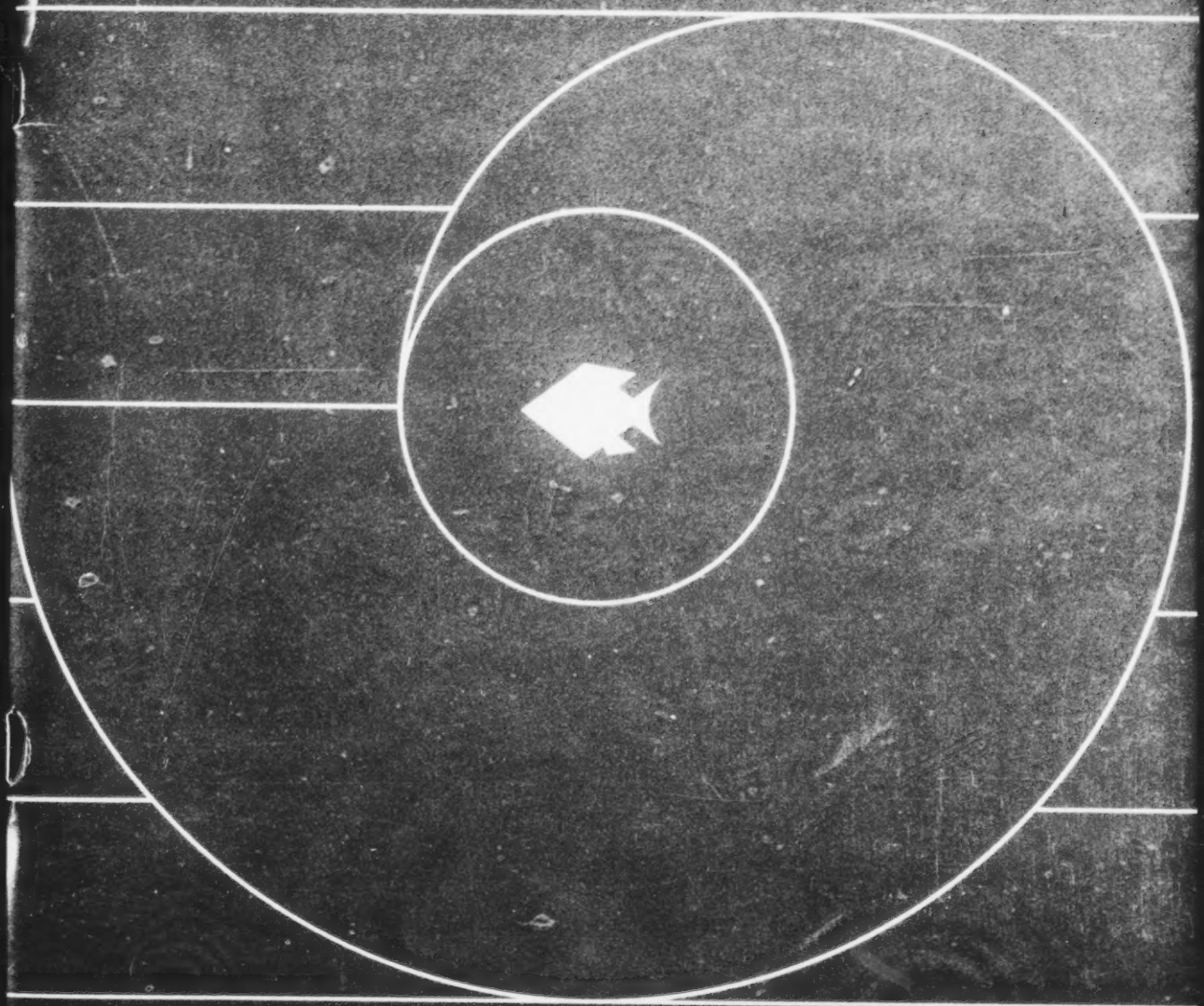
WITHLER, F. C. 1972. Research needs for intensive management of British Columbia steelhead. Fish. Res. Board Can. Nanaimo Biol. Stn. Circ. 92: 41 p.

WINTERTON, G. K. 1975. Structure and movement of a spawning stock of walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*) in Georgian Bay. M.Sc. Thesis. Univ. Guelph, Guelph, Ont. 74 p.

Office des Recherches sur les Pêcheries du Canada

Science pour la réhabilitation des pêches canadiennes

par K.H.Loftus



La série de Rapports de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada comprend des comptes rendus d'études et de symposiums et des rapports spéciaux.

Rapport n° 1 — (The Way Ahead) Colloque marquant le 75e anniversaire de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada.

Rapport n° 2 — L'Office des recherches sur les pêcheries du Canada — soixante-quinze années de réalisation. Par W. E. Ricker.

Rapport n° 3 — Science pour les pêches canadiennes dans les mers du plateau continental. Par H. A. Regier et F. D. McCracken.

Rapport n° 4 — Océanographic biologique au Canada: Perspective et revue. Par T. R. Parsons.

Rapport n° 5 — Natura Naturans: Un colloque sur le paradigm de Fry.

Rapport n° 6 — Développement d'une aquiculture structurée, avec perspective canadienne. Par G. I. Pritchard.

Rapport n° 7 — Science pour les pêches dispersées de l'intérieur canadien. Par H. A. Regier.

Rapport n° 8 — Océanographie physique au Canada. Par C. R. Mann.

Rapport n° 9 — Océanographie chimique au Canada. Par C. R. Mann.

Publié par

Pêches et Environnement Canada

Service des pêches et des sciences de la mer

Direction de l'information et des publications scientifiques

Published by

Fisheries and Environment Canada

Fisheries and Marine Service

Scientific Information and Publications Branch

Ottawa K1A 0H3

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1976

En vente par la poste:

Imprimerie et Edition
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

ou chez votre libraire

N° de catalogue FS 97-10/10 Prix: Canada $3.00
ISBN 0-660-00679-0 Autres pays $3.60

Prix sujet à changement sans avis préalable.

No du Contrat: OKT6-2772

Imprimé par:
Phase 1 Printing Limited
Mississauga, Ontario

RAPPORT DE L'ORP

Science pour la réhabilitation des pêches canadiennes [1,2]

K. H. Loftus

Ontario Ministry of Natural Resources, Fisheries Branch, Toronto, Ont.

Table des matières

2 Résumé/Abstract

2 Introduction

3 Quelques pêcheries importantes et leur histoire
- Sur la côte occidentale
- Sur la côte orientale
- En eau douce

19 Un résumé de ces histoires

20 Le concept de stocks

23 Réhabilitation vs pisciculture

24 Science requise pour la réhabilitation des pêches
- Manipulation des stocks de poissons
- Manipulation de l'habitat
- Quelques besoins plus généraux

35 Résumé et recommandations

37 Remerciements

37 Références

[1] Version française de « Perspectives », publié dans le *Journal de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada*, 1976, 33(8): 1822–1857.

[2] Ce rapport a été préparé, sous contrat, à la demande de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les opinions qu'il contient sont celles de l'auteur et non nécessairement celles de l'Office.

Résumé

LOFTUS, K. H. 1976. Science pour la réhabilitation des pêches canadiennes. FRB Report No. 10: 1–41.

L'auteur présente une brève revue généralisée de l'état actuel des pêcheries de salmonidés sur la côte occidentale, sur la côte orientale et dans quelques nappes d'eau douce représentatives du domaine continental. Il en conclut que plusieurs communautés et/ou stocks de poissons sont affaiblis, affaissés ou éteints comme résultat des sérieuses contraintes imposées directement ou indirectement par les activités humaines. Il semble possible de réhabiliter les stocks et les communautés ichtyologiques à des niveaux se rapprochant de ceux des années précédentes et à des niveaux capables de supporter des rendements plus stables, de façon à pouvoir satisfaire une demande accrue de la part des clients. On insiste sur le besoin d'une décision explicite sur le choix entre la pisciculture et la réhabilitation comme moyens d'augmenter l'abondance du poisson. La réhabilitation des stocks et des communautés nécessitera plus d'effort scientifique dans des domaines tels que incubation, élevage, croisements sélectifs, génie des pêches, de même qu'une définition plus précise de la capacité de production naturelle des eaux. Des programmes efficaces de réhabilitation des pêches et de gestion en général requièrent des systèmes d'information; une approche adaptive ou expérimentale; plus de données sociales et économiques; des moyens de synthétiser et de communiquer les résultats de la science; et une reconsidération fondamentale de l'organisation traditionnelle des institutions oeuvrant au domaine des pêches. Quelques programmes importants de réhabilitation des pêches, planifiés et évalués avec soin, peuvent être mis à exécution dès maintenant; d'autres devront attendre que soit améliorée la qualité de l'eau.

Abstract

LOFTUS, K. H. 1976. Science for Canada's fisheries rehabilitation needs. FRB Report No. 10: 1–41.

A brief, generalized review ot the current status of salmonid fisheries on the west and east coasts, and of selected representative waters in the freshwater area is presented. It is concluded that many fish communities and/or fish stocks are depressed, collapsed, or extinct as a result of severe stresses imposed directly, or indirectly, by man's activities. Rehabilitation of fish stocks and fish communities to levels approximating those of early years, and to levels capable of supporting more stable yields to meet growing client requirements appears practical. The need for explicit policy decisions as between sea ranching and rehabilitation as options for approaches to increasing fish abundance is stressed. Rehabilitation of stocks and communities will require additional science in areas such as hatching, rearing, and selective breeding, fisheries engineering, and in the more precise definition of natural productive capacity of waters. Effective fisheries rehabilitation programs, and fisheries management generally, require development of fisheries information systems; an adaptive or experimental approach; more social and economic data; synthesis and communication of science available; and fundamental reconsideration of the traditional institutional arrangements for fisheries work. Some important fisheries rehabilitation programs, carefully planned and assessed, can proceed immediately with confidence in their success; others must await improvement in water quality.

Accepté le 15 avril 1976

Introduction

Regier et McCracken (1975) ont présenté une vue d'ensemble des problèmes majeurs auxquels les scientifiques canadiens des pêches ont à faire face, qu'ils utilisent comme cadre à la discussion des besoins scientifiques de la gestion des pêches du Canada dans les mers du plateau continental. Cette revue peut également servir d'introduction au présent rapport sur la science requise pour la réhabilitation des pêches. Il semble nécessaire de reconnaître explicitement la réhabilitation comme un élément majeur de la nouvelle approche à la gestion des pêches.

Afin de situer les besoins scientifiques pour la réhabilitation des pêches dans leur perspective propre, l'auteur passe brièvement en revue l'état actuel de stocks et de communautés de poissons choisis et tente de donner ici les meilleures opinions qu'il a pu trouver sur les causes de la condition déprimée dans laquelle ils se trouvent. La première moitié de ce rapport est consacrée

à la revue des stocks de saumons, avec accent sur les saumons de la côte occidentale, et des communautés de poissons d'eau douce, avec accent sur les Grands lacs. Ce sont, croyons-nous, des exemples de ce qui est arrivé et de ce qui continue d'arriver aux communautés de poissons à travers le pays.

Nous prenons pour acquis dans ce rapport que la réhabilitation des pêches est une mesure appropriée. Elle n'entre donc pas dans la discussion. Dans le cas des saumons du Pacifique, on semble avoir démontré la nécessité d'une réhabilitation (Larkin 1975), du moins du point de vue des pêches. Dans le cas des Grands lacs, le programme courant de contrôle de la lamproie marine, composante intégrale d'un programme de réhabilitation, témoigne bien du fait qu'on en a reconnu la nécessité.

Dans bien des cas, les programmes de réhabilitation des pêches dépendent de la qualité de l'eau. Il a donc été difficile d'éviter entièrement le sujet, qui est l'objet d'une étude séparée dans cette série.

Quelques pêcheries importantes et leur histoire

Sur la côte occidentale

L'exploitation des salmonidés par les pêcheurs commerciaux sur la côte occidentale a commencé avec celle du saumon nerka dans le fleuve Fraser au milieu des années 1800. Dans de petits bateaux à voile et avec des filets maillants, on pêchait dans le fleuve même ou très près du fleuve et on salait la prise dans des barils pour l'exportation. Le développement de la conserve hermétique en 1870 et l'avènement de bateaux à moteur pendant les années 1920 eurent des effets importants sur la croissance de l'industrie. Dès la fin des années 1920, les cinq espèces de saumons étaient exploitées, et même certains stocks plus facilement accessibles étaient déjà surexploités. En plus de filets maillants pour la capture du saumon nerka, on introduisit la senne coulissante pour la capture des saumons rose et keta, et les lignes traînantes pour la capture des saumons coho et chinook. Les pêcheurs ne tardèrent pas à reconnaître l'engin de capture le plus approprié aux caractéristiques des diverses espèces. Les concentrations de saumons découlant de leur instinct de « homing » au temps de la fraie, particulièrement précis chez les saumons nerka, les rendent très vulnérables à la surexploitation. Pour cette raison, les techniques de gestion ont surtout visé à permettre à un nombre suffisant de reproducteurs de pénétrer dans les rivières. En termes très généraux, les stocks de la plupart des rivières se mélangent dans la mer, et il est impossible à l'heure actuelle de faire un choix du stock à exploiter. À mesure que les stocks se rapprochent et se déplacent le long de la côte avec l'approche de la saison de fraie, il y a ségrégation progressive, dans le temps et dans l'espace, qui ne devient essentiellement complète qu'à l'embouchure de la rivière appropriée. En se basant sur les routes moyennes de migration, on a établi des lignes près de la côte à l'intérieur desquelles la pêche est interdite, et les saumons qui traversent ces lignes échappent à la pêche et pourront frayer (« spawning escapement »). Une ligne établie au large, en dehors de laquelle toute pêche du saumon est interdite (sauf celle des saumons coho et chinook aux lignes traînantes), protège les stocks durant leur phase de croissance active et alors qu'ils sont mélangés. Ces deux lignes, de même qu'une saison de pêche étroitement contrôlée permettent une exploitation sélective et contrôlée des saumons au moment où ils se rapprochent du rivage et se séparent à l'approche de leurs rivières natales.

À partir de 1950 environ, grâce à une technologie améliorée de l'industrie, la puissance de pêche a augmenté rapidement, même avec une limitation des permis de pêche. Les gestionnaires y ont généralement réagi en élargissant l'aire des sanctuaires et en réduisant le nombre de jours et/ou d'heures durant lesquels la pêche est permise. C'est aussi durant cette période récente que le pêcheur sportif est apparu comme « client » important, en particulier des stocks de saumons coho et chinook.

Le concept de stocks, depuis longtemps implicite dans les énoncés et recommandations des gestionnaires et des chercheurs, a été explicité (Ricker 1972). De ce fait, la gérance s'est vu confier la responsabilité de contrôler l'exploitation, stock par stock, avec un degré de précision essentiellement supérieur à celui auquel les gestionnaires et l'industrie étaient habitués.

Parallèlement au développement des pêches, cette période a été le témoin d'autres « progrès » qui ont eu un effet significatif sur l'abondance du saumon. L'industrie forestière fut responsable de la construction de petits barrages et d'un réseau routier étendu, en plus de la coupe des arbres, son objectif premier. Comme résultat, certains stocks se sont vus interdire l'accès à leur tributaire « natal », tandis que pour d'autres, le succès de la reproduction a été compromis par suite de la sédimentation et/ou de modifications au débit du cours d'eau. Les développements miniers eurent une répercussion semblable. La construction de centrales hydro-électriques ont,

dans bien des cas modifié le débit des cours d'eau, et les grands barrages et détournements ont éliminé certaines montaisons majeures. Le cas du saumon vs énergie dans le nord-ouest des États-Unis est particulièrement impressionnant. Dans cette région, comme on avait perdu la plus grande partie de la capacité de production des aires d'alevinage en eau douce, les organismes ont opté pour la « pisciculture » par opposition à la « réhabilitation » comme moyen d'augmenter les stocks de saumons. La pollution d'origine municipale et industrielle dans l'estuaire du fleuve Fraser a atteint un niveau qui cause de vives inquiétudes.

Le problème devenu fameux dans la littérature sur le saumon et connu sous le nom de « Hell's Gate » a maintenant en grande partie disparu et/ou a été contourné; la plupart des stocks, sinon tous, qui avaient été empêchés temporairement de remonter vers leurs frayères sont maintenant rétablis. Un éboulis important dans la rivière Babine au début des années 1950 causa un déclin des stocks de la rivière Skeena, mais une prompte action a permis aux montaisons de se rétablir. Plusieurs autres éboulis, moins spectaculaires mais semblables, se sont produits ailleurs sans qu'on ait appliqué jusqu'à maintenant de mesures correctives.

Comme résultat net de ce genre de développements, les prises commerciales totales de saumon ont été en moyenne de 150 millions de livres durant la période 1962–71. Selon Ricker (1962), les eaux de la côte occidentale pourraient produire environ le double de ce qu'elles produisent présentement : 300 millions de livres. La récolte du début des années 1900 était probablement de cet ordre de grandeur.

Saumon nerka — Parce qu'on pouvait le capturer dans le fleuve Fraser et à cause de sa haute valeur comme produit en conserve, le saumon nerka *(Oncorhynchus nerka)* fut la première espèce de saumons du Pacifique à être intensivement exploitée. Les prises moyennes de saumon nerka dans le fleuve Fraser seul pendant les 16 années précédant l'éboulis de Hell's Gate en 1913, étaient de l'ordre de 70 millions de livres. Les débris avaient été en grande partie enlevés de Hell's Gate en 1915, permettant ainsi à un certain nombre de stocks de remonter vers les frayères. Des passes migratoires, complétées en 1946 par la Commission internationale de la pêche du saumon dans le Pacifique, permirent de contourner l'obstruction et, sur une période de plusieurs années, d'autres stocks, en particulier les montaisons du début et du milieu de la saison, purent se rétablir. Par contre, on croit que certains stocks ont disparu à la suite de l'éboulis et que plusieurs autres ne se sont pas encore complètement rétablis (Ricker 1972). La récolte annuelle courante de saumon nerka est de beaucoup inférieure à la moitié des niveaux originels.

Parmi les autres réseaux importants de production de saumon nerka, on compte l'inlet Smith, l'inlet Rivers, la Skeena et la Naas. De plus petites montaisons sont éparpillées le long de la côte et autour de l'île Vancouver. La plupart de ces stocks ont fourni au cours des dernières années des récoltes ne dépassant pas la moitié des récoltes antérieures.

La plupart des saumons nerka atteignent la maturité sexuelle dans leur quatrième année en Colombie-Britannique méridionale et dans leur quatrième ou cinquième année dans les régions centrales et septentrionales. Typiquement, l'incubation a lieu en eau courante, et les alevins émigrent dans des lacs d'« alevinage » où ils séjournent un an avant de descendre à la mer où ils passeront de 2 à 4 années.

Dans le fleuve Fraser, le ministère des Pêches de la C.-B., le ministère des Pêches du Canada et, plus récemment, la Commission internationale de la pêche du saumon dans le Pacifique ont enregistré annuellement des estimés du nombre de reproducteurs dans les cours d'eau les plus importants. Il y avait au début plus de 40 stocks de saumons nerka qui remontaient le fleuve et qui passaient leur période d'alevinage dans des lacs s'étendant de Coquitlam et de Pitt près de l'estuaire à Takla à la tête du réseau Nechako–Stuart. D'après Ricker (1972), « Certains stocks ont été exterminés par des barrages hydro-électriques et autres (Coquitlam, Alouette), d'autres ont disparu à la suite de l'obstruction de la rivière par des éboulis en 1913–14 (rivière Salmon, rivière Eagle, Haute rivière Adams), et un stock (lac Chilliwack) n'a pas été signalé depuis 1935 et a possiblement disparu. » Killick (1955) décrit assez en détail les temps de migration de plusieurs stocks majeurs du fleuve Fraser. Ricker (1972) passe en revue les travaux de divers autres auteurs sur les différences morphologiques entre les stocks.

Le saumon nerka de la rivière Skeena comprend au moins 20 stocks, bien qu'il n'y ait qu'un seul lac d'avelinage important dans le réseau. Il est clair, si l'on en juge par les travaux publiés et les soumissions de projets, que l'établissement de stocks séparés est la caractéristique du saumon nerka partout où il se trouve.

La documentation disponible indique en effet qu'au début du siècle, quand les stocks de saumons nerka se trouvaient à des niveaux substantiellement plus élevés qu'ils ne le sont main-

tenant, il y avait plusieurs stocks distincts. On sait que certains stocks ont disparu; d'autres persistent, mais à des niveaux considérablement diminués. On n'est pas sûr du nombre de stocks qui sont impliqués dans ces catégories, car ce n'est qu'à une date relativement récente qu'on a tenu compte, dans la cueillette des données, de l'identité des stocks. On s'accorde aussi à dire que certains lacs d'avelinage contiennent moins de saumoneaux qu'ils ne sont capables de supporter. Ces deux faits, de même que les caractéristiques générales du cycle biologique de l'espèce nous éclairent sur la science nécessaire à la réhabilitation. Il nous faut admettre avec confiance que nous connaissons la capacité d'élevage des lacs d'alevinage. Cette capacité actuelle ou potentielle des lacs d'alevinage peut être utilisée pour produire un plus grand nombre de smolts. Afin d'utiliser cette capacité, la production d'alevins doit être accrue, de préférence par le rétablissement des stocks qui ont été perdus, par la réhabilitation de stocks présentement à un bas niveau d'abondance, et/ou par l'établissement de chenaux de fraie qui permettront aux saumons utilisant présentement ces lacs pour l'alevinage de produire plus d'alevins. Cette dernière alternative, bien que possiblement la plus attrayante, est probablement la méthode la moins sûre, car elle suppose que n'importe quel genre d'alevins fera l'affaire. Sauf dans des cas où des barrières naturelles ont été et continuent d'être le facteur limitant la reproduction, et partant la pleine utilisation des lacs d'alevinage, il semble probable qu'à long terme, la méthode la plus sûre soit de rétablir les stocks qui existaient dans le passé.

Saumon rose — On commença à exploiter directement le saumon rose *(Oncorhynchus gorbuscha)* dans le fleuve Fraser comme alternative aux montaisons de saumons nerka, qui disparurent à la suite de l'éboulis de Hell's Gate. La production de saumon rose atteignit 110 millions de livres en 1917 et fut en moyenne d'environ 70 millions de livres pendant les quelques premières années de cycle qui suivirent 1913. Ces stocks de saumons roses, affectés par l'éboulis et par une exploitation intensive, diminuèrent au cours des années 1920 à environ la moitié de leur abondance passée, ce qui obligea l'industrie à se déplacer vers le nord en vue d'intercepter d'autres montaisons. Dans ces nouvelles eaux, les montaisons d'années paires fournirent pendant plusieurs années une moyenne de 80 millions de livres. Les prises totales de saumon rose durant la décennie de 1960 furent d'environ 60 millions de livres par année en moyenne, accusant une certaine amélioration sur les prises légèrement plus faibles des décennies de 1940 et de 1950. D'après Ricker (1962), ces prises moyennes auraient été réalisés par une pêche en expansion (« fishing-up »), et plusieurs stocks auraient considérablement diminué. C'est l'avis de Ricker (1962) et d'autres chercheurs qui ont récemment étudié les saumons de la côte occidentale (R. McLeod, communication personnelle) que la récolte de saumon rose pourrait doubler et atteindre au moins 100 millions de livres par année en pratiquant une gestion plus intensive et en réalisant avec succès des projets de réhabilitation.

Les stocks d'amont de saumons roses du fleuve Fraser ne se sont pas encore entièrement rétablis des effets des éboulis de Hell's Gate, et certains stocks d'aval ont diminué sous les effets combinés de l'exploitation, de l'envasement, du dragage et de modifications au débit du fleuve. Certains de ces facteurs ont également affaibli les stocks septentrionaux. On espère en outre pouvoir établir dans le fleuve Fraser et dans les îles de la Reine-Charlotte des montaisons importantes d'« années creuses » de saumons roses.

Le saumon rose atteint la maturité sexuelle dans sa deuxième année et, à ce moment-là, pèse en moyenne 5 livres dans la partie méridionale et environ 4 livres dans la partie septentrionale de la Colombie-Britannique. Le fleuve Fraser et les autres cours d'eau méridionaux ont des montaisons dominantes dans les années impaires. La plupart des cours d'eau des îles de la Reine-Charlotte ont des montaisons dominantes dans les années paires, les années impaires comptant très peu de saumons roses. Dans la majorité des autres régions, il ne semble pas y avoir de dominance prononcée d'un groupe d'années sur l'autre. Le saumon rose fraie dans des eaux courantes appropriées, qui peuvent se trouver dans la zone intertidale, dans les tributaires d'aval tels que les rivières Chilliwack et Harrison (IPSFC 1972) ou, comme c'est le cas dans les grands cours d'eau comme le fleuve Fraser et la rivière Thompson, à plusieurs centaines de milles en amont. Les jeunes descendent en eau salée au stade d'alevins. On a des preuves que le concept de stocks, bien documenté pour le saumon nerka, est aussi caractéristique du saumon rose (Ricker 1972).

« Les facteurs de l'environnement qui semblent influencer la production du saumon rose dans le fleuve Fraser ont été analysés dans les rapports annuels de la Commission internationale de la pêche du saumon dans le Pacifique de 1967 et 1969. Les variations naturelles qui se produisent dans l'environnement sur les frayères durant la

période allant de la ponte à l'émergement des alevins ont donné des pourcentages de survie de l'oeuf à l'alevin variant de 9.2 à 18.4. Les variations dans l'environnement durant la balance du cycle biologique jusqu'au moment où les adultes retournent en eau douce ont donné des rendements allant de 1.14 à 10.70 poissons par reproducteur. Les données indiquent un environnement relativement stable sur les frayères et un environnement relativement variable dans les aires d'avelinage en estuaire et en mer. » (IPSFC 1972, p. 70).

Les occasions de réhabilitation sont les suivantes : (a) amélioration des frayères et des lieux d'incubation pour les montaisons qui ont souffert de l'envasement, du dragage et d'un débit irrégulier du cours d'eau (la stabilisation du débit d'eau est très importante), (b) rétablissement le plus tôt possible des montaisons qui ont souffert d'événements tels que les éboulis de Hell's Gate, et (c) établissement de montaisons d'années creuses. La protection de la qualité de l'eau dans les cours d'eau et les estuaires, et un contrôle soigneux permettant à un nombre suffisant de reproducteurs d'échapper aux engins de pêche sont aussi des conditions essentielles à la réhabilitation.

Saumon keta — Ce n'est que vers la fin des années 1920 qu'on a commencé à exploiter activement le saumon keta *(Oncorhynchus keta)*. Pendant plusieurs années, on a enregistré des prises de l'ordre de 70 millions de livres. Bien que cette espèce ait eu dans le passé une faible valeur économique, de récents changements semblent indiquer qu'elle acquerra dans un avenir prochain substantiellement plus de valeur (F. Fraser, communication personnelle). Les prises ont varié considérablement pendant plusieurs années, reflétant probablement des fluctuations dans la demande plutôt que dans les apports, et les captures annuelles moyennes de la dernière décennie ont été de l'ordre de 20 millions de livres.

La fraie, l'incubation et les besoins en eau douce pour l'alevinage sont à peu près les mêmes chez le saumon keta que chez le saumon rose. Bien que les saumons roses du fleuve Yukon se rendent en amont jusqu'au lac Teslin, une distance de 2 700 km (Gilbert et O'Malley 1921), les stocks de saumons keta fraient en général plus en aval que les saumons roses. Très peu de saumons keta atteignent le lac Babine sur la rivière Skeena par exemple, et dans le fleuve Fraser ils dépassent rarement Hell's Gate (Ricker 1972). Les jeunes saumons keta ne prélèvent que peu ou pas de nourriture de leur habitat fluviatile : tout comme les saumons roses, ils se dirigent vers les estuaires tôt dans la vie. Leur vie en mer, cependant, est beaucoup plus longue que celle des saumons roses; ils atteignent ordinairement la maturité sexuelle dans leur cinquième année et à une taille moyenne d'environ 12 livres. Comme le saumon nerka, le saumon keta semble être caractérisé par des stocks séparés.

Les occasions de réhabilitation des stocks de saumons keta sont à peu près les mêmes que celles suggérées pour le saumon rose, sauf qu'on ne peut tirer profit de « montaisons d'années creuses ».

Saumon coho — Il se pratiquait déjà une pêche commerciale intensive de saumon coho *(Oncorhynchus kisutch)* au milieu des années 1930. Les lignes traînantes ont été adoptées au début comme principal engin de capture, et elles le sont encore aujourd'hui, bien qu'on capture quelques saumons coho aux filets maillants et à la senne. La récolte commerciale totale, d'environ 25 millions de livres en moyenne, a été relativement uniforme jusque vers 1960, alors qu'un déclin commença à se faire sentir. Ce rendement relativement constant a pu être le résultat d'une pêche en expansion sur des stocks successifs (Ricker 1962) et était probablement plus apparent que réel. Une pêche sportive s'est développée dans le détroit de Georgie pendant les années 1960 et 1970, et la récolte dépasse maintenant 1 million de livres annuellement. Pendant plusieurs années, le saumon nerka était l'espèce qui avait la plus grande valeur commerciale par livre. Récemment toutefois, le saumon coho a acquis une valeur égale, sinon légèrement supérieure. Cette valeur commerciale accrue, couplée à des valeurs substantiellement plus élevées par livre attribuées aux poissons capturés par la pêche sportive, crée une situation de forte demande.

Les montaisons reproductrices de saumon coho pénètrent dans les principaux réseaux fluviaux utilisés par les autres espèces de saumons, mais le saumon coho est un peu unique en ceci qu'il utilise un grand nombre de petits cours d'eau côtiers et les tributaires d'amont des grandes rivières. Les conditions requises pour la fraie et l'incubation sont généralement semblables à celles du saumon nerka : les alevins passent un an en eau douce après l'éclosion, avant de descendre à la mer comme smolts. Contrairement au saumon nerka, cependant, le saumon coho passe sa période d'eau douce généralement en eau courante plutôt que dans des lacs d'alevinage. En général, le saumon coho atteint la maturité sexuelle et retourne en rivière pour frayer vers

la fin de sa troisième saison de croissance, alors qu'il pèse en moyenne 7–8 livres.

Ces caractéristiques du cycle biologique du saumon coho font qu'il est plus susceptible que les autres espèces de saumons aux contraintes imposées par les activités humaines. Presque tout autre usage de l'eau, même dans les très petits cours d'eau, en amoindrit la capacité d'élevage des smolts du saumon coho. Dans des rivières comme la Chekamus, la Capilano, la Coquitlam, la Cowichan, la Puntledge, et autres, les barrages et les détournements du cours eurent des effets marqués sur les stocks utilisant ces rivières (Ricker 1962). Les cultures et la coupe des billots ont modifié le débit en été, ce qui, avec la sédimentation, eut pour effet de diminuer la capacité des cours d'eau pour l'élevage des saumons coho. Le développement urbain, les mines et l'emploi du DDT dans l'arrosage des forêts eurent également une répercussion sur le saumon coho.

Les mesures suivantes sont de nature à améliorer les stocks de saumons coho : (a) construction de passes migratoires permettant au saumon coho d'atteindre les frayères d'amont dont l'accès leur est interdit par des barrières naturelles ou de récents travaux de génie; (b) installation de structures de contrôle de débit afin de stabiliser le débit estival à des niveaux plus élevés que présentement; (c) utilisation d'installations de pisciculture à grande échelle (incubation et élevage jusqu'au stade de smolt) afin de compenser la capacité d'élevage moindre des cours d'eau. On croit également qu'il serait possible d'augmenter, en poids sinon en nombre, les rendements en saumon coho, par des mesures de gestion qui retarderaient la récolte des individus en voie de maturation.

Saumon chinook — Le saumon chinook *(Oncorhynchus tshawytscha)* a commencé à faire partie de la récolte de saumons pendant les années 1930, à peu près en même temps que le saumon coho. Les prises d'environ 15 millions de livres annuellement ont été relativement stables jusqu'à récemment, alors qu'elles commencèrent à diminuer. Ici encore, les rendements relativement uniformes du début peuvent avoir été plus apparents qu' réels, en vertu du processus de pêche en expansion. Une diminution de prise par unité d'effort et de taille des poissons capturés caractérisent les débarquements de ces dernières années. Il se développe présentement une importante pêche récréative de saumon chinook ressemblant à celle du saumn coho en popularité et en localisation.

Certains stocks de saumons chinook ont été exterminés ou encore réduits à des niveaux précaires. C'est le cas des stocks des rivières Nechako et Bridge dans le réseau du fleuve Fraser (Ricker 1972) et de ceux de la rivière Pungledge (Ricker 1962).

Ne se trouvant que dans les grandes et moyennes rivières, les montaisons de fraie de saumons chinook sont beaucoup moins nombreuses que celles de saumons coho. Quelques grandes montaisons aux États-Unis (stocks des rivières San Joachim, Sacramento, Klamath, et du fleuve Columbia) ont été décimées ou ont complètement disparu par suite de développements industriels, surtout construction de barrages. L'abondante littérature concernant ces stocks et, à un degré moindre, les rapports traitant des stocks de la Colombie-Britannique démontrent que les populations de saumons chinook sont constituées de plusieurs stocks distincts. Les montaisons de fraie tendent à être largement séparées dans le temps.

En général, les demandes imposées aux réseaux fluviaux par le saumon chinook sont intermédiaires entre celles du saumon coho d'une part, et celles des saumons rose et keta d'autre part. Typiquement, les saumoneaux chinook demeurent dans les cours d'eau et se nourissent activement durant plusieurs semaines avant de se diriger vers les estuaires en été ou au début de l'automne. La plupart des saumons chinook atteignent la maturité sexuelle durant leur troisième saison de croissance en mer et retournent en eau douce à des tailles allant jusqu'à 60 livres et plus. Certains individus atteignent la matutrité sexuelle et retournent en eau douce durant leur deuxième saison de croissance, et on leur donne le nom de « saumons précoces de printemps » (« jack springs »).

Parmi les occasions de revalorisation des stocks de saumons chinook, on compte : (a) construction de passes migratoires permettant l'accès aux frayères et aux aires d'alevinage d'amont que des barrières naturelles ou érigées par l'homme empêchent les saumons d'atteindre; (b) installation de structures de contrôle de débit comme pour le saumon coho; (c) utilisation d'installations de pisciculture adéquates pour l'élevage des jeunes jusqu'au stade de fingerling avancé. Il s'agit essentiellement d'une substitution de l'environnement naturel.

Truite steelhead — L'aire de répartition naturelle de la truite steelhead *(Salmo gairdneri)* est semblable à celle du saumon : la truite steelhead fraie dans la plupart des cours d'eau fréquentés par les saumons. Dans quelques-uns des grands bassins hydrographiques, il s'est développé des stocks de truites arc-en-ciel qui complètent

leur cycle biologique en eau douce, substituant les lacs à la mer durant leurs années de croissance principale, une fois dépassé le stade de smolt. Populaire auprès des pêcheurs à la ligne, relativement facile à élever et n'ayant que de modestes besoins quant à la qualité de l'eau, cette espèce a été introduite dans plusieurs régions en dehors de son aire de distribution naturelle (MacCrimmon 1971). Presque tous les peuplements qui ont réussi et qui se suffisent à eux-mêmes (e.g. ceux des Grands lacs) complètent leur cycle biologique en eau douce.

À partir du début des années 1800, la truite steelhead a été l'objet d'une pêche commerciale dans les eaux côtières des É.-U. (Sheppard 1972). On enregistrait une récolte de plus de 8 millions de livres en 1895, et des prises annuelles de 4 millions de livres étaient communes jusqu'au milieu des années 1920. Depuis, les prises commerciales ont diminué par suite de la diminution des stocks et de restrictions législatives à environ 600 000 livres en 1969. La truite steelhead est considérée comme poisson « de sport », et les chiffres qui apparaissent dans les prises commerciales représentent les prises fortuites des pêcheurs de saumon et les prises des Indigènes en vertu de droits qui leur ont été conférés par traités.

En Colombie-Britannique, la truite steelhead est capturée fortuitement par les pêcheurs de saumon commerciaux. Les plus grandes prises sont celles des pêcheurs aux filets maillants dans les estuaires des rivières Skeena, Naas, Bella Coola et du fleuve Fraser. On estime à environ 20 000 le nombre moyen annuel de truites steelhead capturées fortuitement dans les eaux de la C.-B., 90% étant capturées au filet maillant, la balance aux lignes traînantes et à la senne coulissante (Withler 1972). On a peu de données fiables sur les quantités capturées par les Indiens pour consommation en C.-B., mais Withler (1972) est d'avis qu'il s'agit de moins de 10 000 poissons par année.

La croissance extraordinaire de la pêche sportive de la truite steelhead aux É.-U. a été accompagnée d'un développement semblable, plus modeste mais significatif, en C.-B. Withler (1972), à l'aide de données qu'il a recueillies de diverses sources, donne une idée de l'importance de cette pêche et discute des problèmes économiques et sociaux que soulèvent les efforts visant à satisfaire à la demande des pêcheurs à la ligne.

La truite steelhead fraie dans les cours d'eau tôt dans l'année, de janvier à juin selon le stock. Les alevins vivent et croissent dans de petits cours d'eau, de grandes rivières ou des lacs durant des périodes allant jusqu'à 5 ans (Narver 1969; Narver et Withler 1971). À une taille appropriée, il y a « smoltification », ordinairement au printemps, et migration vers l'eau salée. La vie en mer est caractérisée par une alimentation active, une croissance rapide et des déplacements considérables (Turner et Aro 1968). La durée de vie en mer peut varier de quelques mois à 4 années (Shapovalov et Taft 1954; Narver et Withler 1971), et les poissons montrent une forte tendance à retourner à la rivière natale au temps de la fraie. On distingue généralement deux types de truites steelhead, « été » et « hiver », selon la saison à laquelle elles pénètrent dans les rivières. Les steelheads d'été sont encore immatures quand elles pénètrent en eau douce, ordinairement entre mai et septembre, et fraient jusqu'à 8 mois plus tard, ordinairement dans le cours supérieur du bassin hydrographique. Les steelheads d'hiver ont atteint la pleine maturité quand elles pénètrent en rivière entre novembre et avril et tendent à frayer dans le cours inférieur des bassins hydrographiques. Il y a séparation des stocks durant la fraie (Smith 1968), même si les deux sont présents et fraient en même temps.

Les caractéristiques du cycle biologique de la truite steelhead sont telles que les contraintes qui ont entraîné une diminution des stocks de saumons ont également affecté les stocks de steelheads. C'est ainsi que la construction de barrages, l'industrie forestière, les mines et l'agriculture ont dans certains cas éliminé des stocks et dans d'autres, les ont réduits à des niveaux critiques. Bien que la truite steelhead ne soit pas une espèce cible des pêches commerciales, leur capture fortuite par les pêcheurs de saumon est assez bien documentée. On peut s'attendre que le succès de la réhabilitation des stocks de saumons, en favorisant une expansion de la pêche de ces derniers, pourra fort bien résulter en des prises fortuites accrues de truite steelhead. On ignore s'il y aura compétition réelle entre le nombre croissant de pêcheurs sportifs et les pêches commerciales. Il est inévitable, cependant, que du point de vue des pêcheurs à la ligne, il y ait compétition, en particulier dans les régions avoisinant les centres de population, là où les stocks, pour d'autres raisons, auront tendance à être à de bas niveaux.

Aux É.-U., des travaux intensifs visant à rebâtir et/ou à remplacer les stocks de truites steelhead afin de satisfaire à la demande de la pêche sportive ont débouché sur un programme de pisciculture à haute échelle. On a obtenu les meilleurs résultats en élevant les poissons jusqu'au stade de smolt et en les relâchant à des époques et à des endroits choisis avec soin. Wagner (1967)

donne des détails sur le coût du programme par poisson recensé. Un problème associé à ce genre d'approche, quand il s'agit de fournir des poissons pour la pêche sportive, est la tendance à concentrer les efforts sur quelques endroits seulement, par économie, et de créer ainsi une concentration artificielle d'occasions et de pêcheurs, à la fois dans le temps et dans l'espace. On doute fort que ce soit là le genre d'occasions de pêche que recherchent la plupart des pêcheurs à la ligne (Haig-Brown 1959; Pearse Bowden Economic Consultants Ltd. 1970, 1971).

Withler (1972) énumère comme suit les besoins en science que comporte une gestion intensive des stocks de truites steelhead de la C.-B. :

> « I. Besoin très urgent que les gestionnaires des pêches cherchent à connaître ce que les pêcheurs sportifs de truite steelhead veulent réellement quand ils vont à la pêche, tandis que les pêcheurs à la ligne devraient, de leur part, être au courant des difficultés éprouvées pour satisfaire à leurs besoins.
> « II. Besoin urgent d'inventorier et de décrire les stocks de truites steelhead. On devrait accorder la première priorité aux stocks menacés par des développements industriels ou domestiques immédiats, aux stocks les plus importants et à ceux qui se trouvent dans les régions de forte demande de la part des pêcheurs à la ligne.
> « III. Besoin de développer des méthodes pour améliorer la production de truites steelhead dans les cours d'eau naturels.
> « IV. Besoin de découvrir les méthodes les plus efficaces et économiques de production artificielle de truites steelhead, méthodes adaptées aux conditions spéciales de la Colombie-Britannique.
> « V. Besoin de savoir, avant de faire des ensemencements majeurs de poissons de pisciculture et/ou des transferts entre cours d'eau, si oui ou non les stocks naturels risquent d'être victimes de maladies ou de pollution génétique. »

La plupart de ces besoins s'appliquent également aux diverses espèces de saumons. Il est évident qu'il y a beaucoup de similitude, pour ce qui est des besoins en science, mais qu'il y a aussi beaucoup de risques pour les espèces et stocks au sein d'espèces et pour les besoins de divers groupes de clients, si l'on entreprend les projets de réhabilitation sur une base autre que la communauté d'espèces.

Sur la côte orientale

Les activités de l'homme commencèrent à avoir une répercussion sur les ressources halieutiques de la côte orientale environ un siècle plus tôt que sur la côte occidentale. Ces activités comprennent l'exploitation des stocks de poissons, l'agriculture, les forêts, les mines et le développement d'énergie. Ces activités ont semblé se développer à un rythme plus lent sur la côte orientale qu'ailleurs au Canada, et la réponse des stocks de poissons aux contraintes imposées a été plus graduelle, du moins jusqu'à récemment, et a attiré moins d'attention. Regier et McCracken (1975) donnent une vue d'ensemble de ce qui s'est produit dans les pêches des mers du plateau continental, en particulier par rapport à l'exploitation. McCracken et Macdonald (1976) brossent un tableau des pêches côtières, avec accent sur les aspects sociaux et économiques. Ces deux études contiennent des renseignements sur les stocks de poissons anadromes, le saumon atlantique *(Salmo salar)* et l'omble de fontaine *(Salvelinus fontinalis)*, que nous examinons brièvement ici.

De par sa physiographie, la côte orientale du Canada possède des rivières en général plus courtes et plus petites que celles de la côte occidentale. Les stocks de poissons anadromes qui ont évolué dans cette situation ont toujours été moins abondants et à caractère plus diffus que ceux de la côte occidentale. Peut-être à cause de ce caractère diffus et peut-être aussi par tradition et accès plus facile à d'autres stocks de poissons, les pêches qui se sont développées sur la côte orientale eurent tendance à se concentrer sur des stocks autres que ceux d'espèces anadromes. Ceci est en contraste avec la situation de la côte occidentale, où le développement des pêches a été axé sur les saumons. En rivière, le saumon atlantique était en grande partie réservé au pêcheur à la ligne de « haute classe », en vertu d'un système de location sous bail. C'est pourquoi, bien que le petit groupe qui avait accès à la pêche à la ligne en rivière ait toujours exprimé avec force son intérêt à l'endroit d'une gestion efficace du saumon, les résidents des provinces n'ont pas semblé s'en préoccuper beaucoup. En outre, contrairement à ce qui s'est produit sur la côte occidentale, il n'y a pas eu de désastres comme celui de Hell's Gate, avec sa répercussion spectaculaire sur la ressource, pour attirer l'attention. Au cours des dernières décennies, ce sont plutôt les facteurs suivants qui ont forcé l'attention sur les stocks anadromes : contamination en aval par les métaux lourds résultant de développements miniers, arrosages intensifs aux insecticides par l'industrie forestière, intensification de l'exploitation des stocks de saumons au large du Groenland et autour de Terre-Neuve, et développements hydro-électriques.

Saumon altantique — Les naturalistes et les chercheurs dans le domaine des pêches, tant en Europe que dans l'est du Canada, ont commencé à enregistrer les caractères généraux du cycle biologique et de l'écologie du saumon atlantique il y a déjà plus d'un siècle. Durant la première partie du présent siècle, on a publié beaucoup de détails supplémentaires utiles. Elson et Kerswill (1968) ont préparé une excellente revue de cette information et ont indiqué les domaines dans lesquels il devrait se faire plus de recherches. En termes très généraux, la fraie a lieu en automne dans le cours supérieur des rivières, et les jeunes passent deux années ou plus en rivière avant de se transformer en smolts et de descendre à la mer. Les saumons passent une année ou plus en mer, où ils se nourrissent activement, entreprennent de longues migrations et croissent à un rythme accéléré avant de retourner à leur cours d'eau « natal » et de frayer. On a de bonnes raisons de croire que le « concept de stocks » bien reconnu chez les salmonidés de la côte occidentale, s'applique également au saumon atlantique.

McKernan (1972) et Needler (1972) discutent de la présente condition affaiblie des stocks de saumons atlantiques, et tous deux le font dans de larges perspectives historiques et internationales. À ce même colloque, Power (1972) fait une revue générale de la gestion du saumon jusqu'à nos jours, et les trois auteurs plaident en faveur de nouvelles initiatives visant à réhabiliter la ressource.

On a maintenant imposé de sévères restrictions à l'exploitation du saumon à la suite de l'évènement le plus récent, l'expansion brusque d'une pêche au large du Groenland pouvant avoir causé une forte diminution des stocks qui restent. Depuis plusieurs années, la pêche commerciale est interdite à Port-aux-Basques et au large des rivières Saint-Jean, Restigouche et Miramichi, afin de permettre aux stocks de se rétablir dans ces régions. Une fois ces stocks rétablis à des niveaux pouvant supporter une exploitation limitée, la pêche devra probablement reconnnaître le concept de stocks et le besoin de pêcher séparément près de la côte les stocks une fois qu'ils se seront séparés.

La qualité et la quantité de l'habitat en eau douce sont les deux autres contraintes majeures qui eurent des répercussions sérieuses sur les stocks de saumons. Elson et al. (1972) font la revue des effets des polluants chimiques sur le saumon de la côte orientale et suggèrent que la santé des poissons et la capacité de production des cours d'eau ont toutes deux été diminuées. Huntsman (1972), Needler (1972) et Stewart (1972) passent en revue et confirment la relation bien connue entre les caractéristiques du débit des cours d'eau, les mouvements du saumon dans ces cours d'eau et la capacité de production de ces derniers. Ils insistent de plus sur le besoin de contourner efficacement les obstructions, tant naturelles que dues à la main de l'homme. Collectivement, les contraintes imposées aux stocks de saumons en eau douce semblent avoir affaibli la plupart de ces stocks et diminué la capacité des habitats d'élevage à des niveaux bien inférieurs au potentiel décrit par Kerswill (1967), Mills (1972) et Gibson (1972).

La réhabilitation des stocks de saumons atlantiques semble un objectif que tous les intéressés endossent. On maîtrise déjà la plus grande partie de la science requise, et une application efficace de cette science permettrait, semble-t-il, d'augmenter de plus du double le présent niveau d'abondance. La nature diffuse de la ressource et les modes traditionnels d'exploitation peuvent poser des problèmes sociaux et économiques particuliers, mais avec certains changements dans les institutions pour impliquer un plus grand segment du public et en considérant la valeur spéciale, déjà bien établie, du saumon, il ne devrait pas y avoir de contraintes insurmontables.

L'exploitation a déjà diminué dans certaines régions. Les répercussions de la pollution chimique sont bien connues et, bien qu'on ait appliqué des mesures de contrôle, il faudra intensifier l'effort. Les installations de pisciculture ont besoin d'être modernisées en vue d'une pleine application de la science présentement à notre disposition. Il y aurait lieu de moderniser aussi les installations de génie, tels les passes migratoires et les appareils de contrôle de débit, et d'améliorer les habitats fluviatiles.

Omble de fontaine — Grâce aux études intensives de White (1940), Elson (1940), Smith (1948; 1951; 1952; 1960; 1963; 1968), Smith et Saunders (1967; 1968) et Saunders et Smith (1962a, b), on connaît bien le cycle biologique, l'écologie et la gestion de l'omble de fontaine sur la côte orientale. La plupart des études furent entreprises dans les eaux de l'Île-du-Prince-Édouard et dans quelques autres cours d'eau des Maritimes en rapport avec des études sur le saumon. Il est difficile de comparer l'état actuel des stocks d'ombles de fontaine anadromes avec ce qu'il était dans le passé. On serait porté à croire que les contraintes imposées par l'agriculture, les mines, les forêts et les développements hydro-électriques ont eu sur les stocks d'ombles de fontaine les mêmes effets adverses que sur les stocks de saumons, mais on n'a pas fait d'études

sur de tels effets. Dans l'Île-du-Prince-Édouard, il est possible que le nombre de « truites de mer » ait été réduit par suite de la construction de petits barrages, mais il semble que dans l'ensemble, le nombre d'ombles de fontaine accessibles aux pêcheurs à la ligne n'ait été affecté ni par les barrages ni par le ruissellement agricole.

Nous ne traitons pas en détail de l'omble de fontaine dans ce rapport, mais le mentionnons simplement dans le but de faire ressortir deux points : (1) le contraste apparent dans les réponses de l'omble de fontaine et du saumon aux activités de l'homme et (2) la valeur de techniques relativement peu raffinées d'amélioration des rivières pour en augmenter la capacité de production.

En eau douce

Il n'y a pas une seule référence résumant la limnologie des lacs canadiens et leurs communautés de poissons telles qu'elles étaient avant les changements que leur a imposés le développement. Des documents de base de cette nature pourraient et devraient être préparés à même les nombreuses données chronologiques et scientifiques éparpillées ici et là. Ils nous donneraient d'excellentes perspectives pour la gestion des pêches en général et, en particulier, nous aideraient à définir les objectifs d'initiatives à prendre dans la réhabilitation des pêches.

Ryder (1972) décrit la limnologie générale de 12 lacs oligotrophes canadiens et leurs communautés ichtyologiques telles qu'elles existaient probablement avant que ne se fassent sentir les répercussions de l'homme. Ce même auteur résume le degré relatif de changement imposé à l'environnement de chaque lac par les activités humaines. D'autres exemples de lacs oligotrophes ajouteraient probablement peu aux principes généraux qui émergent de cet article. De semblables synthèses de l'information touchant d'autres catégories de lacs (mésotrophes et eutrophes) fourniraient probablement des principes généraux ne différant que dans les détails. Il y aurait cependant avantage substantiel à entreprendre de telles synthèses.

Le colloque sur les SCOL (salmonid communities in oligotrophic lakes) (Loftus et Regier 1972) fut l'occasion d'une synthèse de l'information disponible sur la limnologie et les communautés ichtyologiques de 12 lacs oligotrophes canadiens et de plusieurs lacs européens semblables. Comme cadre à cette synthèse, on a examiné les répercussions des principales contraintes dues à l'homme, de l'exploitation, de l'eutrophisation agricole et de l'introduction d'espèces sur les communautés de poissons avec le temps. Ces « dossiers » de lacs et de communautés de poissons constituent des séries de données sur les « tendances dans le temps » et leur comparaison permet une meilleure perspective des relations de cause à effet entre les principales contraintes et les réponses des communautés de poissons, perspective qui, jusqu'à maintenant, manquait aux chercheurs. Telles quelles, ces données constituent une documentation de base nécessaire à l'étude de programmes de réhabilitation. Nous analysons quelques-uns de ces dossiers plus bas, de même que ceux d'autres eaux et communautés de poissons. Nous croyons qu'ils sont représentatifs du genre d'événements qui se sont produits et qui se produisent encore dans plusieurs, sinon dans toutes les eaux douces canadiennes, et que, par conséquent, ils nous éclairent sur le genre de science requise pour la réhabilitation des pêches dans toute la région d'eau douce.

Lac supérieur — Lawrie et Rahrer (1972; 1973) présentent une revue générale de nos connaissances actuelles sur le lac Supérieur et ses stocks de poissons. De grande étendue, profond et froid, le lac Supérieur est fortement oligotrophe et relativement improductif. Toutes les espèces qui, dans le passé, étaient importantes pour les pêches commerciales et/ou récréatives sont maintenant à un très bas niveau d'abondance comparativement à ce qu'ils étaient dans le passé (Great Lakes Fishery Commission). Certains stocks de touladis, particulièrement ces groupes distincts qui fraient près du rivage et dont certains ont été identifiés par Loftus (1958), ont disparu.

Du point de vue de la qualité de l'eau, le lac Supérieur semble se maintenir en bon état, du moins par comparaison avec la condition présente des autres Grands lacs. D'après Lawrie et Rahrer (1972), le bran de scie et autres matériaux ligneux qui ont été déversés dans les tributaires et certaines régions benthiques peu profondes à la suite de la coupe des billots et autres opérations connexes qui ont débuté au siècle dernier, auraient probablement contribué à la diminution ou à la disparition de certains stocks d'espèces tels l'esturgeon de lac et le grand corégone. Bien que les pratiques responsables de l'apport de ces matériaux dans le lac aient changé récemment, Ryder et Johnson (1972) sont d'avis que leur effet se fera probablement sentir sur une longue période. À l'heure actuelle, la qualité de l'eau est acceptable aux poissons, sauf dans des situations locales où il y a rejet d'effluents municipaux ou industriels. On attribue à un effluent industriel

la disparition d'un stock de dorés jaunes dans la baie Nipigon en ces dernières années (Ryder 1968).

On croit que la surexploitation a été un facteur de déclin de chacune des espèces majeures dans le lac Supérieur, à un stade ou à un autre. Lawrie et Rahrer (1972) en arrivent à cette conclusion en dépit des doutes que leur inspirent certaines séries de données. Ils donnent également un compte rendu des plus informatifs du processus de pêche en expansion tel qu'il a dû agir sur les stocks du lac Supérieur, en particulier le touladi, et de la façon dont les signes d'une surexploitation avaient été obscurcis jusqu'à récemment. Les débarquements annuels de touladis, d'environ 5 millions de livres en moyenne, enregistrés depuis la fin des années 1800 jusqu'en 1950 étaient apparemment en grande partie le résultat de ce processus d'une pêche en expansion. À ceci est venu s'ajouter au début des années 1950 une exploitation supplémentaire, soit la prédation par des populations croissantes de lamproies marines. Comme résultat, l'abondance du touladi diminua brusquement et, en 1962, les débarquements étaient bien inférieurs à un demi-million de livres. Grâce à un important effort international de la part de la Commission des pêcheries des Grands Lacs en vue de contrôler la lamproie marine, il eut diminution de cette dernière d'environ 90% de son sommet d'abondance. En vertu d'un programme de réhabilitation du touladi, appliqué à la grandeur du lac, on a réalisé des peuplements de touladis de l'année élevés en pisciculture, au rythme de 2 à 3 millions par année depuis 1960. Bien qu'encourageants, les résultats de ces peuplements n'ont pas donné tout ce qu'on attendait d'eux. À certains endroits, le nombre de touladis a atteint des niveaux comparables à ceux des années d'avant-lamproie (Pycha et King 1975). Dans d'autres régions cependant, les anciens niveaux d'abondance demeurent toujours des objectifs éloignés. Les stocks du large, moins affectés par la lamproie marine, se reproduisent bien, et on peut probablement, par un ajustement précis du niveau d'exploitation, manipuler la structure d'âges et l'abondance. Les stocks côtiers, plus sérieusement affectés par la lamproie marine, ont été l'objet d'à peu près tout l'effort de réhabilitation. On a de bonnes preuves d'une reproduction limitée chez les stocks ensemencés, mais en général la structure d'âges et la mortalité des stocks sont telles que seulement quelques poissons atteignent la maturité sexuelle. Aux rythmes apparents actuels d'augmentation, il faudra encore plusieurs années pour atteindre l'objectif de stocks de touladis se reproduisant naturellement. On a exprimé des inquiétudes au sujet (a) de la suffisance du niveau de contrôle de la lamproie marine, (b) des techniques d'ensemencement, (c) de la répercussion de l'exploitation sur les stocks ensemencés, (d) de la suffisance des nombres ensemencés, en particulier du côté canadien et (e) de la constitution génétique et/ou de la santé des poissons ensemencés, surtout en rapport avec la structure antérieure de la population de touladis, qui était apparamment un complexe de stocks reproducteurs distincts.

Les stocks de grands corégones, de ciscos de lacs et autres ciscos ont été intensivement exploités, probablement à l'excès, comme le suggèrent Lawrie et Rahrer (1972). Certains stocks (e.g. de grands corégones) ont été davantage réduits directement par la prédation par la lamproie marine, et d'autres indirectement par la diversion d'un effort de pêche qui aurait normalement été dirigé sur le touladi. Ici encore, on croit que ces populations sont constituées de stocks reproducteurs distincts, et à moins qu'on n'impose de sévères restrictions, alors qu'il reste encore, si tant est qu'il en reste, quelques individus de chaque stock, il est douteux qu'ils puissent retourner à leurs anciens niveaux d'abondance sans l'appui d'une nouvelle science de réhabilitation.

De nouvelles espèces ont fait leur apparition dans le lac Supérieur. Nous avons déjà mentionné la répercussion de la lamproie marine et son contrôle partiel subséquent. Lawrie (1970) passe en revue l'arrivée et la dispersion de cette espèce. Le gaspareau *(Alosa pseudoharengus)* est présent dans le lac Supérieur au moins depuis 1953. Il ne s'est pas encore développé de grande population, et l'espèce ne peut donc pas être considérée comme compétiteur important de corégonidés plus petits, comme ce semble être le cas, d'après Smith (1968), dans les autres Grands lacs. L'éperlan arc-en-ciel, signalé pour la première fois en 1930 dans le lac Supérieur (MacKay 1963), augmenta en abondance puis sembla se stabiliser pendant les années 1950. La carpe *(Cyprinus carpio)* et la truite arc-en-ciel *(Salmo gairdneri)* sont établies localement depuis quelques années et ne semblent pas avoir d'effet marqué sur les espèces indigènes. Plus récemment, on a introduit des saumons roses *(Oncorhynchus gorbuscha)*, coho *(O. kisutch)* et chinook *(O. tshawytscha)*, ces deux derniers étant maintenus par des peuplements annuels de poissons élevés en pisciculture. Les saumons roses sont maintenus en petit nombre par reproduction naturelle et ont montré récemment une augmentation notable d'abondance. Si le saumon rose continue d'augmenter, le cisco de lac *(Co-*

regonus artedii) pourra avoir à faire face à une compétition importante pour la nourriture.

Parmi les envahisseurs ou les poissons introduits, seule la lamproie marine semble avoir eu une répercussion majeure sur les communautés de poissons jusqu'à maintenant. On semble avoir contrôlé l'abondance de la lamproie à un niveau compatible avec la reconstruction de l'ancienne communauté de poissons. Les répercussions de l'éperlan arc-en-ciel et du gaspareau ne sont pas encore bien comprises, et il se peut qu'elles ne soient pas encore entièrement exprimées.

Lac Huron — Berst et Spangler (1972; 1973) ont passé en revue les événements qui se sont produits dans le lac Huron, sa condition actuelle et ses communautés de poissons. Sous bien des aspects, l'histoire de ce lac est semblable à celle que nous venons de décrire pour le lac Supérieur. Le lac Huron est lui aussi profond, froid, oligotrophe et relativement improductif, bien que son indice morphoédaphique (Ryder 1965) soit plus élevé que celui du lac Supérieur. La qualité de son eau est relativement bonne, étant en grande partie un mélange d'eau des lacs Michigan et Supérieur, et de celle de son propre bassin, modifiée localement seulement par le développement agricole et industriel/municipal. Beeton (1965; 1969) décrit les changements qui se sont produits dans la qualité de l'eau du lac Huron, et les compare avec ceux des autres Grands lacs. Des changements significatifs se sont produits dans les baies, telle la baie Saginaw, avoisinant des centres d'activité humaine. Berst et Spangler (1972) considèrent comme alarmants les niveaux de substances contaminantes, comme le DDT et le Hg. Il faudrait sans doute inclure les BPC et peut-être d'autres.

Des pêches commerciales de grand corégone, touladi, cisco de lac, doré jaune, perchaude et catostomidés débutèrent dans les années 1800, et la production atteignit un maximum de 13 millions de livres au Canada vers 1892 et de 19 millions de livres aux É.-U. vers 1900. À partir de ces dates jusque vers le milieu des années 1930, les débarquements se maintinrent à un niveau relativement stable, mais un déclin graduel commença au milieu des années 1930 et se poursuivit pendant plus de 30 ans. Il se produisit des changements dramatiques dans la pêche et dans la communauté de poissons durant la période 1940–65. Les populations de touladis et de ciscos de lac s'affaissèrent, et les populations de grands corégones, catostomidés, dorés noirs *(Stizostedion canadense)* et dorés jaunes *(S. vitreum vitreum)* déclinèrent également. Un rendement accru des autres ciscos (« chubs »), d'une moyenne de .5 million à 5.5 millions de livres en 1961, ne réussit pas à compenser la perte du touladi et du cisco de lac. Ici encore, comme dans le cas du lac Supérieur, bien qu'on ait peu de preuves directes, il semble que plusieurs importantes espèces aient souffert à une époque ou à une autre d'une exploitation excessive.

L'introduction de nouvelles espèces dans le lac Huron a probablement eu sur la communauté de poissons des répercussions plus fortes que dans le lac Supérieur. Vers la fin des années 1930 et au début des années 1940, les mortalités dues à la prédation par la lamproie marine s'ajoutèrent aux fortes mortalités dues à la pêche, et au début des années 1950 le touladi était éliminé, sauf pour quelques petit stocks résiduaires dans le Parry Sound et la baie McGregor. L'éperlan arc-en-ciel, signalé pour la première fois dans le lac Huron en 1925 et le gaspareau en 1933 envahirent le lac Huron. Les deux espèces sont maintenant tellement abondantes qu'elles doivent sûrement avoir de fortes répercussions sur la communauté de poissons indigènes. On continuera sans doute d'argumenter sur les mécanismes particuliers de ces répercussions. La truite arc-en-ciel, la truite brune et la carpe ont été introduites. D'importantes pêches de sport récoltent présentement des populations naturalisées de truites arc-en-ciel qui se reproduisent dans les nombreux tributaires du lac Huron. La prédation par la lamproie marine, telle que décrite par Berst et Wainio (1967), ainsi que les barrières érigées par l'homme dans les cours d'eau ont probablement maintenu les populations à des niveaux moindres que leur niveau potentiel. D'après MacCrimmon et Marshall (1968), il existe de petites populations naturalisées et de moindre importance de truites brunes. Les populations de carpes supportent une modeste pêche commerciale depuis le début des années 1900 (MacCrimmon 1968).

Le kokani *(O. nerka)* a été introduit dans le lac Huron en 1964 au stade d'oeuf embryonné. On a ensemencé depuis quelque 5 millions d'oeufs, de fretin et de fingerlings. Bien qu'on ait observé une reproduction naturelle, on ne sait pas encore s'il s'établira des populations se suffisant à elles-mêmes (Collins 1971). L'État du Michigan a également fait des ensemencements à grande échelle de saumons coho de l'année et de fingerlings de saumon chinook. Ici aussi, on a signalé une reproduction naturelle (Great Lakes Fishery Commission), mais on ne sait pas encore s'il en résultera des populations autonomes.

Les premiers peuplements de truites moulac, l'hybride entre l'omble de fontaine et le touladi,

sélectionnées pour leur maturité hâtive et leur tendance à nager en profondeur, ont été effectués en 1969 comme partie d'un effort coordonné en vue de réhabiliter le lac Huron. En théorie, on croit que les hybrides, à cause de leur maturité hâtive, surpasseront le touladi indigène dans leur capacité à développer des populations se suffisant à elles-mêmes en présence d'une exploitation par les pêches et par une population résiduaire de lamproies. La performance des hybrides introduits justifie une mesure d'optimisme quant au succès de l'expérience. Il y a eu un certain degré de reproduction naturelle chez la truite moulac introduite (G. R. Spangler, communication personnelle), mais on n'est pas encore sûr de l'aptitude du présent mélange génétique de truites moulac introduites à s'adapter aux diverses frayères utilisées jadis par le touladi.

En résumé, la qualité du lac Huron comme habitat pour les poissons semble encore raisonnablement bonne, sauf dans quelques situations locales. Le programme de la Commission mixte internationale nous permet d'espérer qu'il continuera d'en être ainsi. On a contrôlé, au moins en bonne partie, la population de lamproies marines prédatrices. On n'a pas encore mis fin à l'instabilité de la communauté de poissons, mais les chercheurs sont optimistes et croient que le rétablissement d'une espèce piscivore dominante, en l'occurrence la truite moulac, contribuera à la stabilisation. Reste à savoir jusqu'à quel point sera restaurée la productivité originelle de l'ancienne communauté de poissons du lac Huron. On ne sait pas quelle sera l'influence de l'éperlan arc-en-ciel et du gaspareau dans des conditions stables, et le succès de la truite moulac comme prédateur principal est encore à déterminer. Quoi qu'il en soit, la science dont nous disposons présentement, couplée à une approche expérimentale, doit être appliquée au cours de la prochaine décennie si l'on veut que le lac Huron atteigne de nouveau son potentiel comme pourvoyeur de protéines et de récréation.

Lac Érié — Par contraste avec les autres Grands lacs, le lac Érié est relativement chaud, peu profond et hautement productif. La récolte en poissons de commerce est demeurée relativement stable, environ 9 kilogrammes par hectare par an, au cours des 150 dernières années (Regier et Hartman 1973). La composition en espèces de la récolte, cependant, a changé plusieurs fois au cours de cette période, surtout depuis 1920 (Hartman 1972), et est présentement constituée principalement d'éperlans arc-en-ciel et de perchaudes. Les espèces de haute valeur : touladi, grand corégone, cisco de lac, doré bleu *(Stizostedion vitreum glaucum)* et doré jaune, qui, à une époque ou à une autre, étaient chacune une composante importante de la récolte, n'ont plus d'importance dans les prises et, dans certains cas, ont complètement disparu. Bien que la température estivale moyenne de l'eau ait augmenté de 1.1 C (Beeton 1961), que les éléments nutritifs aient augmenté de plusieurs fois (Beeton 1965, 1969; Harlow 1966) et que la dominance des espèces se soit déplacée vers des espèces plus opportunistes et à durée de vie moins longue (Hartman 1972), la production totale n'a pas augmenté autant qu'on aurait pu s'y attendre (Colby et al. 1972). Il semble qu'un enrichissement accéléré, même dans les lacs se prêtant bien au cyclage des éléments nutritifs, comme le lac Érié, peut atteindre un point où le lac est rendu moins productif par des déficits en oxygène (Ryder et al. 1974).

En dépit de températures d'eau plus élevées et d'un niveau considérablement accru d'éléments nutritifs, le lac Érié n'a apparemment pas donné de plus grands rendements. Ses rendements, en termes de dollars de valeur constante, ont diminué par suite de la succession d'espèces dominantes. Une espèce introduite, l'éperlan arc-en-ciel, et un membre jadis peu important de la communauté, la perchaude, dominent maintenant le lac, et les deux espèces montrent de grandes fluctuations.

Il existe de nombreux écrits sur le lac Érié comme habitat pour les poissons et sur sa faune ichtyologique. Dans le contexte du présent rapport, les perspectives à long terme que nous fournissent Hartman (1972) et Regier et Hartman (1973) sont des plus utiles. Ces auteurs règlent en partie le débat de longue date entre Langlois (1946) et Van Oosten (1948) en montrant que les deux avaient partiellement raison, et que l'exploitation, l'eutrophisation accélérée et l'introduction d'espèces se sont combinées dans le lac Érié pour produire la présente situation instable.

Ce qui était caractéristique du lac Érié a sans doute été perdu à tout jamais. Néanmoins, on serait en mesure d'attendre d'un programme de réhabilitation une augmentation du rendement total et une meilleure composition en espèces, en termes de rétablissement d'une espèce piscivore dominante qui donnerait à la communauté une plus grande stabilité et en termes de valeur par livre de récolte.

Le programme présentement coordonné par la Commission mixte internationale sur le lac Érié et les autres Grands lacs conduira, nous l'espérons, à une diminution du taux d'enrichissement en éléments nutritifs. On espère

également que la charge en éléments nutritifs sera réduite à un niveau que le lac Érié peut accomoder sans perdre de sa capacité productive dans les régions pauvres en oxygène. On peut aussi s'attendre à une diminution des substances contaminantes. Ceci, couplé à d'autres mesures de gestion de la qualité de l'eau, peut améliorer les conditions physiques des frayères traditionnelles d'espèces tels le doré jaune et le doré bleu (Regier et al. 1969).

On n'a pas encore évalué le degré auquel les programmes courants réussiront à rétablir la qualité de l'eau à son niveau passé. Il nous faudra attendre cette évaluation avant d'entreprendre la réhabilitation de la communauté de poissons du lac Érié et de décider des espèces qui ont des chances de réhabilitation. C'est ainsi par exemple que si l'on pouvait revenir au niveau de qualité qui existait dans la décennie de 1950, il serait peut-être possible de rétablir le doré jaune ou un mélange de dorés bleus et de dorés jaunes comme prédateurs dominants dans la communauté de poissons. Si par ailleurs on peut améliorer la qualité de l'eau seulement au niveau des années 1960, il est douteux que l'on puisse rétablir le doré jaune en nombres dominants, et il faudra considérer des alternatives. Une alternative appropriée serait peut-être un doré jaune modifié par croisements sélectifs et/ou par hybridation avec le sandre européen dans le but d'obtenir un stock plus tolérant de conditions hautement eutrophes. Ce genre d'alternative semble comporter moins de risques que des essais improvisés avec prédateurs d'eau chaude exotiques.

Lac Ontario — Le lac Ontario, le plus petit des Grands lacs et celui qui est situé le plus en aval, constituait jadis un habitat profond, froid et oligotrophe pour la communauté de poissons, et est celui qui pose présentement les plus grands défis à la science dont nous disposons pour la réhabilitation. Même dans les meilleures conditions possibles, sa productivité totale serait moindre que celle des autres Grands lacs. Par contre, sa proximité à des centres de population majeurs donnent une importance particulière à sa production en poisson.

Christie (1972; 1973) nous donne une chronologie complète des événements qui se sont produits dans la communauté et l'habitat des poissons à partir des années 1800 jusqu'à nos jours. Un travail qu'il a publié en 1974 complète l'évaluation, qu'il amorce dans les deux articles précédents, des interactions entre la communauté de poissons et les contraintes majeures. On trouvera dans Colby et al. (1972), Smith (1972) et Ryder et al. (1974) des interprétations, complémentaires pour la plupart, de ces événements.

Le lac Ontario a subi une grave détérioration comme habitat pour les poissons au large, près des rives et dans son bassin hydrographique. Les changements dans la chimie de l'eau qui se sont produits au large ont suivi de près ceux du lac Érié (Beeton 1965), dont il reçoit la plus grande partie de son eau. Les régions côtières, qui jouent un rôle vital dans la productivité, ne sont qu'un étroit ruban sur le périmètre du lac, à l'exception de la baie de Quinte et, jusqu'à un certain point, le bassin oriental. Selon Hurley (1970; 1973), la pauvre qualité de la baie de Quinte comme habitat pour les poissons est comparable à celle du lac Érié. L'habitat pour les poissons dans les tributaires a été endommagé durant les années 1800 par le défrichement, qui modifia le débit et la température de l'eau, et par la construction de barrages dans presque tous les cours d'eau.

La communauté originelle de poissons est maintenant complètement désorganisées, et certaines des espèces qu'elle comprenait au début doivent maintenant être considérées comme éteintes dans le lac. Dans les eaux du large, les principales espèces piscivores, le touladi et la lotte, commencèrent à décliner vers la fin des années 1920 et étaient pratiquement éteintes en 1950. On est d'avis qu'une exploitation excessive et la prédation par la lamproie marine ont causé la disparition de ces espèces (Christie 1973). Les ciscos d'eau profonde et le cisco de lac, jadis abondants dans le lac, ont cessé d'être des constituants importants soit de la récolte soit de la communauté de poissons. Certaines espèces de ciscos sont apparemment éteintes. On attribue à une exploitation intensive et à des interactions avec les espèces envahissantes le déclin de ces espèces. Le grand corégone, pendant longtemps une importante espèce commerciale récoltée dans le bassin oriental, diminua brusquement au cours des années 1960. Au moins un stock majeur, probablement distinct, qui frayait dans la baie de Quinte semble être éteint. Un autre stock, frayant sur la rive sud du comté de Prince-Édouard existe encore, mais à un niveau précaire. Dans les eaux du large, le gaspareau et l'éperlan arc-en-ciel, deux espèces envahissantes, sont maintenant les plus communes.

Dans la zone côtière, les changements dans la communauté de poissons sont aussi évidents, quoique moins bien documentés. En général, les poissons piscivores tels le grand brochet, l'achigan à petite bouche et le doré jaune ont récemment diminué, le déclin le plus spectaculaire étant celui du doré jaune qui était tellement

abondant pendant les années 1950 et au début des années 1960. Parmi les autres événements dignes de mention, il y a l'invasion du barperche (Scott et Christie 1963) qui atteignit par la suite un haut niveau d'abondance dans la zone côtière, et la récente extension d'aire de la perchaude dans le bassin oriental.

Dans les tributaires, la truite arc-en-ciel, une espèce introduite, a réussi à occuper une partie de l'habitat détérioré jadis utilisé par le saumon atlantique.

En résumé, le lac Ontario et sa communauté ichtyologique ont souffert d'une exploitation excessive; d'une charge excessive d'éléments nutritifs; d'une charge de substances contaminantes; d'une restructuration de sa ligne de rivage et d'une modification de son bassin hydrographique; et il semble avoir eu plus que sa juste part d'invasions d'espèces nouvelles.

Le programme de la Commission mixte internationale semble offrir la promesse d'une meilleure qualité de l'eau. En fait, le « Projet Quinte », auquel participent plusieurs organismes peut nous donner une première mesure de la réponse de l'habitat et de la communauté de poissons à un tel programme dans les Grands lacs. Le contrôle de la prédation par la lamproie marine est effectué par la Commission internationale des pêcheries des Grands Lacs. Des programmes d'ensemencement de touladis, de truites moulac, de saumons coho et chinook ont démontré que le lac est encore capable d'assurer une bonne croissance et la survie d'espèces de choix. La réhabilitation pose les défis suivants : atteindre des niveaux d'exploitation équilibrée et contrôlée, rétablir la reproduction naturelle chez les salmonidés et les corégonidés, et possiblement rétablir des espèces tel le chabot de profondeur, qui est peut-être un maillon indispensable de la chaîne alimentaire. Les études en cours sur les hauts-fonds jadis utilisés par le touladi pour la reproduction, de même qu'une gestion améliorée de la qualité de l'eau pourraient être les fondements de projets de réhabilitation des frayères.

Quelques autres exemples — Il y a une rareté désappointante de bonnes séries chronologiques de données sur les petits lacs d'eau douce et les cours d'eau. Comme contributions aux objectifs du colloque sur les SCOL (Loftus et Regier 1972), on n'a pu offrir que quatre petits lacs oligotrophes au Canada : Keller (Johnson 1972), Grand lac des Esclaves (Keleher 1972), Kootenay (Northcote 1972) et Opéongo (Martin et Fry 1972), sur lesquels on avait des séries de données adéquates. Il est à peu près certain, cependant, qu'on pourrait découvrir plusieurs autres « dossiers » et qu'il existe des séries de données pour les eaux mésotrophes et eutrophes. On a un volume considérable de données, toutes fragmentaires qu'elles sont, pour plusieurs nappes d'eau douce, et nous en utilisons ici quelques-unes dans le contexte des conclusions du colloque sur les SCOL. Il est difficile cependant de ne pas être pessimiste sur l'état des communautés de poissons d'eau douce en général, pessimisme qui est évident dans le travail de Ryder et Johnson (1972) quand ils considèrent l'avenir des lacs oligotrophes de l'Amérique du Nord.

Le Lac Simcoe contient une communauté de salmonidés qui a fourni jusqu'à un million de pêcheurs à la ligne-jours à la population du Toronto métropolitain avoisinant. Cette ressource, d'une valeur immense, semble subir de fortes contraintes. Des déficits d'oxygène commencent à apparaître dans quelques baies. Il se produit des changements dans les espèces phytoplanctoniques et benthiques, et il y a déplacements de la distribution des plantes aquatiques. La structure d'âges et l'abondance de la population de grands corégones changent, et on a des indications de l'échec du recrutement. De plus en plus, la pêche sportive du touladi doit être alimentée par des peuplements de poissons de pisciculture. L'éperlan arc-en-ciel, introduit à la fin des années 1950 ou au début des années 1960, est devenu très abondant et semble maintenant s'être stabilisé. La population d'achigans à petite bouche donne des signes d'un manque de stabilité, et la perchaude est présentement en voie d'expansion, tant de son aire de distribution que de son abondance.

Si l'on en croit des données relativement bonnes, il n'y aurait pas eu exploitation excessive. La façon dont la communauté des poissons et l'habitat réagissent présentement met en cause l'éperlan arc-en-ciel nouvellement établi et plus particulièrement l'eutrophisation agricole. Le développement municipal et la construction de chalets ont été considérables, et il se peut qu'il y ait eu apports excessifs d'éléments nutritifs. L'usage libéral d'engrais dans une région d'agriculture intensive à proximité d'une partie du lac est sans doute une source supplémentaire d'éléments nutritifs.

Il y aura probablement dans un avenir prochain une diminution des apports d'éléments nutritifs, une fois terminées les installations appropriées de traitement des égouts municipaux. Un programme diversifié de réhabilitation, entrepris le plus tôt possible, pourrait empêcher les stocks de truites et de grands corégones de s'affaisser et pourrait stabiliser de nouveau la communauté de poissons.

Les lacs Muskoka sont très fréquentés comme

site de récréation aquatique, et on y a construit nombre de chalets de villégiature. On a suggéré que les apports d'éléments nutritifs en provenance des chalets, un programme intensif d'arrosage au DDT visant à contrôler les moustiques et l'invasion de l'éperlan arc-en-ciel étaient les responsables des contraintes auxquelles sont soumises les communautés de poissons de ces lacs. Le touladi ne se reproduit plus naturellement, sauf à un degré limité dans le lac Joseph. Les efforts en vue de fournir des touladis à la pêche sportive par des peuplements traditionnels de poissons de l'année échouèrent, mais on obtint un certain succès avec des poissons de 2 ans. Y a-t-il des techniques moins dispendieuses de suffire aux besoins de la pêche récréative?

Les activités de l'homme sont la source de contraintes sévères pour les populations de touladis et les communautés de salmonidés dans tout l'Ontario et peut-être dans tout le Canada. Presque tous nos lacs sont maintenant accessibles, en été comme en hiver, à un public qui a maintenant à sa disposition plus de loisirs, plus de dollars, plus de routes et qui possède des motoneiges. On a des rapports de petits lacs où les pêcheurs à la ligne ont capturé en une seule fin de semaine un nombre de touladis dépassant la production d'une année (Ryder et Johnson 1972). Le mythe populaire voulant qu'une diminution de la pêche à la ligne mette un frein à l'exploitation juste avant qu'il y ait surexploitation doit maintenant rejoindre un mythe semblable et jadis populaire concernant les pêches commerciales. Il faudra appliquer des contrôles beaucoup plus sévères sur l'exploitation si l'on veut réhabiliter les stocks de touladis. Le défi consiste à gagner l'appui et la participation du public, essentiels au succès d'une réglementation plus complexe et plus restrictive, et à maintenir l'attente des clients à des niveaux compatibles avec la productivité naturelle des eaux. Bien que nous n'ayons pas encore établi de fondement rationnel à la répartition de ressources limitées entre les usagers commerciaux et sportifs, voici qu'il nous faut maintenant faire la répartition entre pêcheurs à la ligne résidents et non résidents, et parmi les pêcheurs à la ligne résidents.

Les lacs mésotrophes et eutrophes, et leurs communautés de poissons respectives, peuvent sans doute mieux supporter les contraintes que les lacs oligotrophes et leurs communautés de salmonidés (Ryder et al. 1974). En l'absence d'alternatives, nous appliquons ici aux autres ensembles de lacs et types de communautés de poissons les conclusions qui émergèrent du colloque sur les SCOL pour les lacs oligotrophes et leurs communautés de poissons. Nul doute que les niveaux absolus de stress déclenchant une réponse dans ces catégories de lacs sont très différents.

Il existe ici et là des données qui indiquent qu'il se produit des changements dans les communautés de poissons de quelques-uns des lacs Kawartha, les lacs Rideau, dans le lac Nipissing, Eagle, de même que dans d'autres communautés de poissons autres que les salmonidés. On ne s'inquiéterait peut-être pas trop de ces changements si l'on ne connaissait pas ce qui s'est produit dans le passé dans certaines baies des Grands lacs, en grande partie comparables à de petits lacs mésotrophes ou eutrophes. Des exemples en sont la baie de Quinte, lac Ontario (Christie 1972, 1973, 1974; Hurley 1973), la baie Verte, lac Michigan (Wells et McLain 1972), la baie Saginaw, lac Huron (Berst et Spangler 1972) et le bassin occidental du lac Érié (Hartman 1972; Regier et al. 1969). Dans ces cas, les communautés de poissons étaient dominées par le doré jaune, durant une période d'environnement relativement stable. Par la suite, cependant, le doré jaune a perdu sa position dominante et a presque complètement disparu dans certains cas. Les communautés d'espèces qui en ont résulté et qui se sont développées depuis ont été caractérisées par un manque de stabilité et une valeur moindre de la ressource. Ce que l'on observe présentement chez certaines communautés de percidés dans des petits lacs de l'intérieur nous annonce probablement une succession d'événements semblables. L'exploitation peut être intensive, comme le démontre Jorgensen (1975), pour le lac Nipissing, où le poids estimé de dorés jaunes capturés par les pêcheurs à la ligne en un an est égal au rendement total potentiel (calculé selon Ryder 1965). La charge d'éléments nutritifs en provenance de sources naturelles, ajoutée à celle d'un développement intensif de chalets (Dillon et Rigler 1975) et à celle provenant de l'atmosphère, source récemment reconnue, peut imposer de sévères contraintes même à ces lacs.

Le problème de charge en éléments nutritifs et les contraintes liées au développement de chalets est en voie de devenir un problème majeur en Ontario et, du moins localement, dans tous les lacs et cours d'eau du Canada. Les lacs oligotrophes, ceux qui sont le moins capables de supporter ces contraintes, sont par contre ceux qui offrent le plus d'attrait pour le développement, probablement à cause de leur étendue et de leur beauté. La plupart des lacs situés au sud des rivières des Français et Mattawa en Ontario ont peut-être atteint ou dépassé leur

capacité comme endroit de villégiature. Ce semble être le cas également d'un nombre surprenant de lacs du nord de l'Ontario. Il y a forte pression pour que se poursuive ce développement, et les gestionnaires des pêches ont peine à résister à des tendances bien établies. Il faudrait de toute urgence comprendre plus clairement et de façon quantifiable la capacité de lacs types à supporter les contraintes associées au développement de chalets. On a grand besoin d'un indice permettant de prédire les apports en éléments nutritifs et la capacité des lacs à les absorber. Une recherche visant à intégrer les modèles de charge en éléments nutritifs de Ryder et de Dillon et Rigler (1975) pourrait bien nous fournir un tel indice. Entre temps, le défi auquel la science de réhabilitation a à faire face peut se trouver dans le développement de techniques permettant de réduire la charge en éléments nutritifs dans des lacs surdéveloppés, jusqu'à ce que l'on ait réussi à exclure d'une autre façon les éléments nutritifs.

On a accordé relativement peu d'attention aux stocks anadromes de poissons en Ontario, peut-être à cause de l'importance des autres problèmes. Néanmoins, la production de rivières et cours d'eau est importante, et les stocks distincts d'ombles de fontaine, de truites arc-en-ciel, de dorés jaunes et, jadis, de touladis, utilisant des tributaires des Grands lacs pour frayer, ont été activement exploités. La pollution et le réglage artificiel du débit ont contribué au déclin et/ou à la disparition de certains stocks (Ryder 1968; Winterton 1975). Dans le cas de la truite arc-en-ciel, en particulier dans les Grands lacs inférieurs, plusieurs habitats fluviatiles convenables ont été perdus par suite de la construction de nombreux petits barrages, dont plusieurs ne servent plus aux fins pour lesquelles ils avaient été construits. Le développement de lignées de truites arc-en-ciel moins exigeantes quant à la qualité de l'habitat fluviatile, passant peut-être seulement un an, plutôt que deux ou trois dans les cours d'eau, suscite présentement beaucoup d'intérêt.

Saunders et Smith (1962a, b), et White et Brynildson (1967) démontrent que l'aménagement de l'habitat des cours d'eau rehausse la production d'ombles de fontaine. On n'a pas tenté sérieusement d'appliquer une science aussi dépourvue d'apprêt en Ontario ou dans d'autres régions d'eau douce. Ces techniques ne sont peut-être pas assez spectaculaires pour être d'usage commun, ou peut-être encore leur application est-elle considérée comme étant l'ajustement précis d'une gestion qui vient en dernier lieu, après que les grands problèmes ont été réglés. Quoi qu'il en soit, il semble nécessaire d'appliquer dès maintenant cette science, comme partie d'une initiative de réhabilitation, ne serait-ce qu'au niveau de projets de démonstration ou comme moyen d'acquérir une expérience nécessaire.

Les petits lacs et les étangs, pris collectivement, jouent un rôle important dans la production de poisson à travers le Canada, et il s'est développé une science considérable pour leur gestion. En Ontario, par exemple, une bonne partie de la production d'ombles de fontaine provient de ces petits lacs et étangs. Un grand nombre n'ont qu'une aptitude limitée ou nulle à supporter une reproduction naturelle, et leur productivité dépend à la longue de peuplements routiniers de poissons de pisciculture (Fraser 1972). J. M. Fraser (communication personnelle) mentionne également que la présence d'autres espèces, en particulier les catastomidés et la perchaude, rendent ces eaux beaucoup moins aptes à produire des ombles de fontaine. On s'est récemment rendu compte (J. M. Fraser, communication personnelle) que les peuplements provenant de stocks reproducteurs de pisciculture, depuis longtemps domestiqués, sont sujets à des taux de mortalité plus élevés après l'ensemencement que ne le sont les peuplements provenant de stocks sauvages.

Les travaux récents sur la truite arc-en-ciel dans les « cuvettes » des Prairies (Lawler et al. 1974) ont suscité beaucoup d'intérêt. Les résultats du début indiquent un fort rendement, mais on n'a pas encore déterminé le rendement soutenable à long terme. Afin de progresser dans ce domaine prometteur, il nous faut pouvoir sélectionner de meilleures « lignées » de truites arc-en-ciel d'ensemencement et trouver des critères plus raffinés dans le choix des « cuvettes » les plus appropriées.

La plupart des exemples analysés dans cette section s'appliquent aux eaux de l'Ontario, reflétant l'expérience personnelle de l'auteur. On a cependant de bonnes indications que de semblables problèmes, nécessitant des initiatives de réhabilitation, sont maintenant communs dans d'autres régions très fréquentées du Canada. En Colombie-Britannique, de nombreux lacs à truites entrent dans cette catégorie : le lac Kootenay, comme le signale Northcote (1972), et le lac Paul, avec ses nombreux chalets, en sont des exemples. On trouve dans les provinces des Prairies des exemples de problèmes causés par l'exploitation et l'eutrophisation. C'est le cas du lac Qu'Appelle, le Grand lac des Esclaves, le Petit lac des Esclaves, les lacs Athabaska et la Ronge. Dans la plupart de ces lacs, certains stocks de touladis et peut-être d'autres espèces

devront être réhabilités si l'on veut revenir aux anciens niveaux de production. On sait généralement que les eaux septentrionales et leurs communautés de poissons peuvent difficilement supporter des contraintes, que ce soit l'exploitation ou l'eutrophisation, mais il nous faut trouver au plus tôt de meilleurs moyens d'agir selon cette connaissance. Bien que je ne connaisse pas d'eaux spécifiques ayant des problèmes dans le Québec ou les provinces Maritimes, il n'y a pas de doute que les besoins en réhabilitation sont en général comparables à ceux que nous avons décrits plus haut.

Un résumé de ces histoires

Toutes les pêcheries examinées dans les sections précédentes sont maintenant beaucoup moins productives en termes de protéines de haute valeur et/ou de qualité récréative que dans le passé. Les rapports de Regier et McCracken (1975) et de McCracken et Macdonald (1976) indiquent que c'est là une condition typique plutôt qu'exceptionnelle de la plupart des importantes pêcheries canadiennes. Seules les pêches éparpillées, mais localement très importantes, de l'intérieur septentrional du Canada peuvent encore être gérées selon une approche de conservation ou de maintien (Regier 1976). Presque toutes nos pêcheries majeures ont besoin d'être réhabilitées.

Sur la côte occidentale, on estime que les rendements actuels en saumon sont environ la moitié de ce qu'ils étaient dans le passé. Le volume de captures passées était parfois, nous le réalisons, supérieur aux niveaux que l'on pouvait s'attendre de maintenir à long terme. Il n'en reste pas moins qu'une initiative de réhabilitation visant à assurer à une grande variété de stocks naturels plein accès à des eaux douces améliorées permettrait une récolte deux fois plus grande, pourvu que cette récolte se fasse sur la base de stocks individuels.

Sur la côte orientale, la ressource en omble de fontaine semble être en assez bonne condition, mais pourrait être passablement améliorée par l'application d'une science de génie aux cours d'eaux. Le saumon atlantique d'autre part, est une ressource sérieusement affaiblie et qui requerra des initiatives majeures afin d'être rétablie à ses anciens niveaux d'abondance, que l'on estime être de deux à quatre fois supérieurs à ce qu'ils sont présentement.

En eau douce, une région représentée par des Grands lacs intensivement utilisés, la situation présente en ce qui a trait à la ressource en poisson est, en un sens, déprimante : elle démontre clairement la répercussion d'une surexploitation des stocks de poissons combinée aux contraintes résultant d'usages contradictoires de l'habitat. Il en est résulté une sérieuse diminution du rendement total et du rendement en qualité. Les événements qui se sont produits dans cette région ont une immense valeur en ceci qu'ils permettent de prédire ce qui arrivera au reste de l'Ontario et au Canada. Par ailleurs, la façon extrême dont les communautés de poissons ont réagi ont suscité de la part du public un intérêt qui lui fait appuyer des accords et des programmes internationaux d'organismes tels que la Commission des pêcheries des Grands Lacs et la Commission mixte internationale, ce qui est un premier pas essentiel vers la réhabilitation de l'aptitude passée à produire du poisson.

Dans toutes les régions étudiées, la surexploitation émerge comme étant le problème majeur des gestionnaires des pêches. Les signes que la surexploitation est une contrainte importante ont toujours été imprécis à cause de l'effet masquant d'autres contraintes, et ne sont apparus clairement qu'une fois les stocks affaiblis ou épuisés. De plus, ces signes sont apparus un à un au cours des temps. La rétrospective est beaucoup plus convaincante que la prédiction, mais même la première s'est avérée inadéquate à un contrôle efficace devant les problèmes sociaux et économiques liés à ce contrôle. Dans la plupart des régions, nous n'avons encore qu'un contrôle insuffisant de la capacité de pêche, réelle ou potentielle.

On a reconnu récemment l'eutrophisation agricole, l'apport excessif d'éléments nutritifs, la modification de la ligne de rivage et les substances chimiques polluantes comme étant un important complexe de facteurs agissant sur la capacité de production des eaux naturelles. La répercussion des substances chimiques polluantes sur la côte orientale est particulièrement bien documentée. Les effets du DDT, du mercure et des BPC sont maintenant évidents dans les régions d'eau douce, et la perspective que de nouveaux produits chimiques seront reconnus comme nuisibles est inquiétante. On croit que les apports en substances chimiques de l'atmosphère, qu'il sera bientôt possible de quantifier, sont importants.

Le développement intenstif de chalets et de facilités récréatives sur les rives des lacs d'eau douce pose de sérieux problèmes aux gestionnaires des pêches. Ces problèmes ne sont pas sans importance en termes de demandes sur les communautés de poissons, mais le problème principal réside dans l'apparente eutrophisation agricole imposée aux lacs, avec la perte tant du

rendement que des valeurs esthétiques qui en résulte.

Sur les deux côtes, la concentration des substances polluantes dans les estuaires fait son apparition.

Dans les trois régions étudiées, les activités de l'homme dans le bassin hydrographique ont imposé des barrières à la migration des stocks anadromes, et ont diminué la capacité de production des cours d'eau par suite de la sédimentation et de la modification des débits naturels de l'eau. C'est sur les côtes que l'on rencontre les exemples les plus spectaculaires de telles barrières, et les cas les plus extrêmes de dégradation des cours d'eaux se présentent dans les bassins hydrographiques des Grands lacs inférieurs.

C'est en eau douce que la répercussion d'introductions d'espèces et/ou d'invasions est particulièrement évidente. Ce qui s'est produit en eau douce peut également s'appliquer à des situations courantes en mer qui n'ont pas encore été reconnues.

En considérant la chronologie des événements dans les pêches décrites plus haut comme toile de fond à leur réhabilitation, on s'est rendu compte que la notion de stocks séparés peut être beaucoup plus importante qu'on ne l'a réalisé explicitement jusqu'à maintenant. Il semble donc opportun d'y consacrer la section suivante.

Le concept de stocks

On reconnaît depuis plusieurs années que la notion de populations reproductrices distinctes est importante dans la gestion du saumon de la côte occidentale. On s'est explicitement efforcé de récolter chaque stock reconnu à des niveaux différents que l'on considérait appropriés à leur productivité continue. Dans la pratique, cependant, il a été difficile de réaliser cet objectif louable et nécessaire, autrement qu'avec une précision générale, à cause du mélange des stocks en mer et du fait que la plupart des engins de pêche ne font pas la distinction entre les stocks. C'est seulement quand les stocks sont près du rivage et de leur cours d'eau « natal » qu'ils se sont séparés suffisamment pour permettre une récolte tout à fait sélective. Quand cette séparation se produit, il est trop tard pour récolter ces stocks avec les engins traditionnels et de plus, le poisson peut avoir perdu beaucoup de sa qualité.

On a quand même partiellement atteint ces objectifs, et recueilli en cours de route beaucoup de renseignements sur les déplacements et la distribution des stocks dans l'océan.

Ricker (1972) présente une revue générale de nos connaissances sur les stocks de saumons et de truites de la côte occidentale. L'énumération et la description de stocks distincts au sein des espèces sont en vérité impressionnantes, surtout à l'intérieur de réseaux fluviatiles uniques. Une question d'importance vitale pour la gestion et la réhabilitation est de savoir si la génétique et/ou l'environnement sont impliqués dans la formation de stocks distincts. Nous citons donc l'épilogue de l'étude fouillée de Ricker :

> « Dans presque tous les cas où on a cherché adéquatement les influences à la fois de la constitution génétique et de l'environnement qui ont pu produire des différences entre des stocks naturels de saumons et de truites steelhead, on a découvert l'une et l'autre de ces influences; parfois l'une, parfois l'autre peut cependant être faible ou rarement exprimée.
> « Étant donné que la saison du retour à la rivière est fortement sous contrôle génétique, et que le 'homing' est apparemment sous contrôle génétique, il s'ensuit que la plupart des stocks identifiés, sinon tous, diffèrent jusqu'à un certain point, par leur constitution génétique.
> « De telles conclusions font parfois l'objet de critiques sous prétexte qu'elles sont trop compliquées. On ne devrait pas (tel est le raisonnement) rendre la nature plus complexe qu'elle ne l'est en réalité; il peut se trouver des espèces dans un seul et même réseau fluvial, même une douzaine ou plus dans un seul lac — surtout quand on sait qu'il y a un certain mélange entre elles.
> « Bien sûr, quand deux ou plusieurs hypothèses sont également possibles, la coutume est de choisir la plus simple. Mais comment décider quelle est la plus simple ? Quel est le test de la simplicité ? Pour ce qui est de toute différence périodique entre deux stocks de saumons, nous avons trois alternatives :
> « 1. La différence est entièrement déterminée par l'environnement.
> « 2. La différence est entièrement déterminée par l'hérédité.
> « 3. La différence est déterminée partiellement par l'hérédité, partiellement par l'environnement.
> « À première vue du moins, l'hypothèse (1) et l'hypothèse (2) semblent toutes deux plus simples que l'hypothèse (3); il en est peut-être ainsi.
> « Si l'on rejette l'hypothèse (3) parce que trop compliquée, laquelle des hypothèse (1) et (2) est alors la plus simple ? Certains auteurs ont semblé croire que (1) était plus simple que (2), ou du moins 'plus conservatrice' que (2), apparemment parce qu'elle implique une constitution génétique plus homogène parmi les diverses populations d'une espèce. Comme

exemple, s'il a été prouvé que le nombre d'écailles des poissons d'une certaine espèce est affecté par la température du milieu lors du développement, ils décideront 'qu'il est inutile de postuler' tout fondement génétique à la différence observée dans le nombre d'écailles entre deux stocks locaux de cette espèce.

« Mais qu'arriverait-il si l'on devait faire le raisonnement inverse ? Supposons qu'on ait démontré une différence héréditaire dans le nombre d'écailles entre deux stocks, comme l'a fait M. Neave dans le cas de *Salmo gairdneri;* devrait-on alors décider qu'on n'a pas besoin de postuler d'effet de l'environnement sur le nombre d'écailles chez cette espèce ? Évidemment ceci n'est pas logique; mais alors la proposition inverse n'est pas logique elle non plus.

« Je suis fermement convaincu que sur de telles questions, on ne devrait pas faire appel à la simplicité ou au conservatisme. Combien de fois ne s'est-on pas rendu compte que la nature est beaucoup plus complexe qu'on aurait pu se l'imaginer. On devrait donc s'attacher aux faits disponibles, quelque imprécis qu'ils soient.

« Dans le cas qui nous intéresse, les indications dont nous disposons sont déjà assez considérables. Elles démontrent que la plupart des différences observées entre les stocks locaux peuvent avoir et ont ordinairement à la fois la génétique et l'environnement comme fondements. Simple ou complexe, c'est ce à quoi il faut normalement s'attendre dans le cas de toute différence qui n'a pas encore été étudiée entre des stocks de saumons ou de truites. Seule l'observation directe peut démontrer quel type d'influence prédomine dans une situation particulière. »

Larkin (1972) expose les implications du concept de stocks pour la gestion. Il fait ressortir les difficultés que présente la récolte sélective de stocks distincts.

Nos connaissances actuelles suggèrent fortement qu'une pleine utilisation de réseaux fluviaux complexes par le saumon, assurant une production maximale de jeunes saumons et un maximum de retours au réseau, ne peut se réaliser qu'en présence d'un complexe de stocks. Les projets de réhabilitation du saumon ont donc pour mission d'optimiser la reproduction sur la base de stocks individuels et d'apprendre à reconnaître ou à créer des stocks comparables à ceux qui ont déjà été perdus. Il faudra peut-être éviter soigneusement de surcharger certaines parties du réseau au détriment d'autres stocks, et il faudra s'assurer dans ces projets d'un équilibre entre les stocks et d'une évaluation soigneuse.

On reconnaît maintenant l'importance de stocks reproducteurs distincts chez le saumon altantique également (Saunders 1967; Moller 1970; A. W. H. Needler, communication personnelle). Par ailleurs, on dispose de moins de détails permettant de décrire ces stocks, probablement parce que la ressource totale est relativement petite et qu'elle est constituée de petites montaisons éparpillées sur une ligne de côte aussi étendue. Les déplacements de stocks distincts en mer sont également moins connus, comme en témoigne la récente surprise au large du Groenland, et à la suite de laquelle on s'est empressé d'imposer des restrictions. Il semble probable que plusieurs stocks ont déjà disparu, ce qui rendra la réhabilitation d'autant plus difficile.

Dans la région d'eau douce, on a accordé peu d'attention à la signification que pouvaient avoir des stocks reproducteurs distincts. Je suis maintenant convaincu qu'à cause de cela, certaines mesures de gestion ont été inefficaces et même, dans le cas de peuplements routiniers, contreproductives. Quelques exemples peuvent démontrer le parallélisme, pour certaines espèces d'eau douce, du concept de stocks décrit pour les saumons du Pacifique.

Martin (1957; 1960) décrit un comportement de homing très précis chez le touladi au moment de la fraie dans le lac Louisa, d'une superficie de 1 480 acres, là où des frayères sont séparées par quelques verges seulement. Il y a de bonnes preuves de l'existence de temps et d'endroits de fraie distincts pour le touladi de plusieurs lacs du parc Algonquin (communication personnelle). Loftus (1958) décrit des populations de touladis du lac Supérieur qui fraient en rivière. Il y a chevauchement dans la répartition de ces stocks de touladis dans les eaux du large du lac, mais ils se séparent, année après année, et retournent dans les rivières qu'on suppose être leurs rivières natales. Cet auteur mentionne quelques lieux et temps de fraie pour le touladi du lac Supérieur, tels que signalés par les pêcheurs et le personnel des piscicultures. Dans son analyse de la reproduction du touladi dans le lac Supérieur méridional, Eschmeyer (1955) suggère que le touladi revient frayer sur les mêmes hauts-fonds année après année. En se basant sur les souvenirs de pêcheurs commerciaux, J. B. Smith (1968) a pu établir la position de plus de 150 anciennes frayères de touladi. Lawrie et Rahrer (1972), et Regier et Loftus (1972) sont d'avis que le système de cueillette des statistiques de prises dans le lac Supérieur et autres lacs, système qui ne reflète pas une distribution par stocks séparés, a servi à masquer le processus de pêche en expansion au point que certains stocks peuvent avoir été décimés longtemps avant que les chiffres

de récolte totale ne démontrent un déclin. Dans bien des cas, le programme de réhabilitation du touladi dans les Grands lacs reconnaît implicitement, mais non explicitement, le concept de stocks. Le succès de la réhabilitation peut être retardé par suite d'un manque de stocks reproducteurs appropriés. Olver et Lewis (1971) n'ont pu trouver que quelques exemples de touladis ensemencés qui aient réussi à se reproduire par eux-mêmes.

Le grand corégone du lac Huron est apparemment constitué de stocks distincts. On en reconnaît deux dans le chenal du nord (J. J. Collins, communication personnelle); deux dans la baie Sud (Budd 1957); deux dans la baie Georgienne (Cucin et Regier 1965); et deux dans le lac Huron proprement dit (Budd et Cucin 1962; Spangler 1974). Ces stocks sont peut-être tout ce qui reste d'un nombre originel beaucoup plus grand de stocks. Christie (1972) reconnaît deux stocks de grands corégones dans le lac Ontario, dont l'un semble maintenant éteint.

La littérature sur le doré jaune suggère également que le concept de stocks s'applique également à cette espèce. Le lac Érié contient deux stocks apparemment distincts, un se reproduisant dans le bassin occidental et qui, en ces dernières années, a diminué considérablement; un autre qui se reproduit dans le bassin oriental et qui s'est maintenu à un niveau relativement stable. Ferguson et Derksen (1971) décrivent le mélange d'une population de dorés jaunes du lac Sainte-Claire avec celles du lac Huron méridional et du lac Érié occidental. Dans la baie de Quinte, lac Ontario, Payne (1963) a étudié une population, jadis florissante, maintenant virtuellement éteinte. Dans cette baie, certaines populations frayant en rivière se maintiennent à de bas niveaux (W. J. Christie, communication personnelle). Un certain nombre de stocks distincts de dorés jaunes du lac Huron se reproduisant en rivière sont reconnus dans les rivières Moon, Shawanaga, des Français, Pickerel, Mississauga et Echo. Nul doute qu'il en existe d'autres. On peut probablement dire la même chose de stocks du lac Supérieur dans les rivières Goulais, Batchawana et Michipicoten, et Ryder (1968) signale la disparition d'une telle population près de Red Rock dans la baie Nipigon. Uthe et Ryder (1970) donnent des preuves supplémentaires que le concept de stocks peut être valide pour le doré jaune.

La truite arc-en-ciel, une espèce introduite dans les Grands lacs il y a plusieurs décennies, y est maintenant naturalisée et semble montrer des caractéristiques de « stocks » semblables à celles que nous avons décrites pour la truite steelhead sur la côte occidentale.

Jusqu'à maintenant, le concept de stock reproducteurs séparés, le concept de stocks de saumons de la côte occidentale, ne semble pas avoir réussi à attirer l'attention qu'il mérite pour la gestion et la réhabilitation dans la région d'eau douce.

On admet que plusieurs stocks sont sérieusement affaiblis et que certains ont déjà disparu. Ces pertes sont dues à plusieurs causes qui doivent être plus généralement reconnues, mieux comprises et contre lesquelles il faut se défendre. On compte parmi ces causes (1) l'exploitation directe excessive, (2) les prises fortuites par des engins de pêche dirigés vers des espèces ou des stocks voisins abondants, (3) la dérive génétique imposée par l'action sélective d'un engin de pêche exploitant une taille en particulier. Ceci peut avoir pour effet d'enlever du stock les poissons à maturité hâtive et/ou à croissance rapide, (4) les peuplements de poissons de pisciculture provenant de stocks non sélectionnés peuvent survivre jusqu'à la maturité et se mélanger avec les stocks indigènes au moment de la fraie, causant une dilution du pool génétique d'un stock bien adapté, (5) un changement dans l'environnement peut forcer la ségrégation au moment de la fraie de stocks auparavant séparés mais étroitement apparentés, causant ainsi l'entrecroisement. Il ne fait pas de doute que plusieurs autres mécanismes peuvent contribuer à la perte de stocks essentiels à la pleine utilisation d'un écosystème.

Pendant plusieurs milliers de générations, la plupart des espèces semblent avoir évolué en des stocks séparés, adaptés à des habitats semblables mais distincts et spécifiques. La science des pêches est encore impuissante à reconnaître soit les différences dans l'habitat soit les caractères spécifiques qui différencient les stocks. Jusqu'à maintenant, les tentatives de l'homme de déplacer des stocks d'un endroit à l'autre ont pour la plupart échoué, du moins en ce sens que le stock transplanté ne se reproduit pas naturellement. Si l'on admet qu'un complexe de stocks ayant évolué naturellement est essentiel à la pleine utilisation de la capacité de production d'un réseau fluvial et peut-être de lacs, il s'ensuit qu'il nous faille apprendre à reconnaître et à conserver les stocks représentatifs. Il est également important de savoir comment rétablir des stocks qui ont été décimés ou perdus et comment atteindre un équilibre naturel des stocks. Une forte implication ici est que la réhabilitation requiert l'élevage et l'ensemencement de plusieurs petits lots de stocks appropriés, jusqu'à ce que soit rétablie la reproduction naturelle. Pour de telles peuplements, on aurait

besoin de pisciculture petites, versatiles et mobiles, plutôt que les grands établissements « efficaces » du type présentement en vogue.

Il peut être nécessaire d'établir un pool génétique national qui assurerait la conservation de stocks représentatifs d'une valeur particulière ou menacés de disparition.

Réhabilitation vs pisciculture

Dans la section précédente, nous nous sommes attaché surtout au concept de stocks et à la conclusion que la pleine utilisation et peut-être aussi la stabilité relative d'un écosystème dépendaient d'un complexe de stocks ayant évolué naturellement. Nous croyons que le maintien ou la réhabilitation de tels complexes de stocks est, pour plusieurs raisons, l'objectif le plus approprié pour les écologistes et les gestionnaires des pêches, et devrait à long terme engendrer les plus grands bénéfices. La poursuite de cet objectif sera probablement un processus lent, délibéré et peu spectaculaire, nécessitant une recherche et une gestion soigneuses impliquant à la fois les poissons et leur habitat.

Depuis quelque temps, le terme «rehaussement» est en vogue auprès de ceux qui s'occupent des pêches. C'est à dessein que nous l'avons évité dans ce rapport, car il semble avoir plusieurs sens. Pour quelques-uns, le terme implique que l'approche décrite plus haut est celle qui devrait être adoptée pour rétablir l'abondance des poissons aux niveaux antérieurs. Pour d'autres, il semble impliquer un programme massif de pisciculture qui suppose que les prises sont à peu près proportionnelles au nombre de poissons ensemencés. D'autres enfin ont à l'idée un mélange quelconque non défini des deux approches.

On a eu récemment des preuves que des programmes de peuplements massifs peuvent produire des résultats spectaculaires, du moins à court terme. Des exemples particulièrement impressionnants ont été signalés avec le saumon dans les États du nord-ouest bordant le Pacifique, et avec le saumon dans le lac Michigan. Des succès de ce genre sont de nature à créer un environnement dans lequel on peut soumettre avec optimisme des projets de « rehaussement » des pêches. Il faut admettre cependant que ces deux opérations réussies se sont produites dans des situations auxquelles les gens qui s'occupent des pêches n'aspirent pas : dans le nord-ouest des É.-U., les eaux douces ont presque entièrement perdu leur capacité de production; dans le lac Michigan, la communauté ichtyologique originelle était désorganisée et, pendant au moins trois décennies, n'avait plus d'espèce piscivore dominante.

Les récents succès ne devraient pas nous faire oublier le manque à long terme de succès spectaculaire des peuplements de poissons. Il y eut sans doute des améliorations aux techniques d'élevage des poissons qui ont contribué aux récents succès, mais la principale différence entre les résultats de peuplements passés et ceux de peuplements récents est probablement attribuable à la « santé » de la communauté dans laquelle les poissons sont introduits, comme le suggèrent Christie et al. (1972).

On peut difficilement argumenter contre les succès récents de l'élevage des poissons (e.g. lac Michigan, État de Washington), et on ne veut pas le faire ici. Dans le cas où le système naturel s'est détérioré au-delà de tout espoir de rétablissement, une telle approche à la gestion des pêches peut être la seule option. Ce n'est cependant pas le cas au Canada, même dans les Grands lacs, sauf peut-être dans des situations très locales. On a bien des raisons d'être optimistes et de croire que nos habitats aquatiques seront préservés et, lorsque nécessaire, améliorés.

Si l'on optait pour la pisciculture à ce stade, on pourrait s'attendre aux résultats suivants :

1) des succès spectaculaires (en termes de recaptures de stocks implantés, mais non en termes de reproduction naturelle), au moins à court terme et dans des endroits soigneusement choisis, e.g. la partie inférieure des Grands lacs, le détroit de Georgie;
2) la création d'un appétit de la part des clients;
3) une plus grande expectative de la part des clients (si l'on en juge par l'expérience passée de surexploitation, cette expectative est déjà excessive);
4) une demande d'expansion du programme à d'autres régions où le succès serait plus aléatoire;
5) un succès de moins en moins fréquent, et parfois échec des peuplements;
6) des occasions manquées de réhabiliter les stocks de poissons dans des régions saines (la demande forcerait les gestionnaires à adopter l'option pisciculture);
7) la perte d'importants stocks naturels (par le biais de prises fortuites ou d'une compétition qui les feraient disparaître à brève échéance);
8) la perte d'une base solide d'argumentation en faveur de la qualité de l'environnement aquatique.

Il se peut que la pisciculture soit une initiative appropriée à l'heure présente au Canada. On

pourrait en retirer des bénéfices substantiels dans des situations spécifiques. De plus, ses demandes en science sont en général semblables à celles de la réhabilitation. Cependant, avant de se lancer dans cette voie, il faudrait un clair énoncé de politique qui inclurait une définition des habitats aquatiques réservés à cette fin et la reconnaissance explicite des effets secondaires de cette option sur les autres initiatives de gestion. On doit considérer la pisciculture comme ayant des implications qui sont en conflit avec la réhabilitation. On devrait se débarasser du terme « rehaussement » qui obscurcit cette importante distinction.

Science requise pour la réhabilitation des pêches

Dans l'attente d'initiatives majeures de réhabilitation sur la côte occidentale, les gestionnaires et les chercheurs dans le domaine des pêches ont beaucoup réfléchi, séparément aussi bien que conjointement, aux genres de travaux requis pour un maximum de bénéfices. Dans la région d'eau douce, on est en train de compléter un plan stratégique conjoint fédéral–Ontario pour les pêches. Cette planification conjointe a été entreprise en premier lieu parce qu'on a réalisé que les méthodes passées de gestion des pêches étaient inadéquates et, en second lieu, parce qu'on comprend mieux l'impact de l'homme sur les pêches, compréhension qui s'est cristallisée lors du colloque sur les SCOL. Sur la côte orientale, le personnel du Service des pêches et des sciences de la mer est à faire une planification semblable. Nous ne tenterons pas dans ce rapport de spéculer sur les stratégies excellentes et détaillées qui ont émergé de l'un ou l'autre de ces efforts de planification. Nous espérons plutôt faire ressortir quelques points centraux d'une science que nous considérons appropriée à des initiatives de réhabilitation des pêches dans tout le Canada.

Manipulation des stocks de poissons

Contrôle de l'exploitation — On a besoin d'améliorer de façon substantielle notre aptitude à récolter sélectivement des stocks séparés, à éviter ou à mesurer de façon précise les prises fortuites et à régler finement la récolte totale sur la base de stocks individuels suivant les niveaux de récolte que l'on prédit comme admissibles. Parmi les besoins en science impliqués dans ce qui précède, on compte : des études conçues dans le but de raffiner la sélectivité des engins de pêche; des études sur la répartition et les déplacements des stocks; et des études permettant de prédire de façon plus précise la récolte admissible. Peut-être encore plus important, cependant, est le besoin implicite de rationaliser, au niveau des politiques, les pêches dans leur totalité et leur répartition parmi les groupes de clients; le développement d'une atmosphère de « participation » entre les groupes de clients et la gérance; et peut-être de nouvelles dispositions institutionnelles pour la prise et l'exécution de décisions relatives à la gestion.

Incubation, élevage et ensemencement — Plusieurs projets de réhabilitation requerront des poissons de pisciculture jusqu'à ce que des stocks se reproduisant naturellement soient rétablis à des niveaux appropriés. On possède maintenant presque toute la science fondamentale requise pour l'incubation, l'élevage et l'ensemencement des saumons et des truites. On est cependant loin d'appliquer cette science uniformément à travers le Canada, même à l'intérieur des régions. Bien des projets de recherche et de gestion ont échoué et échoueront parce qu'on prend pour acquise la santé des poissons d'élevage. Jusqu'à récemment, on a eu très peu d'indications que l'importance du « concept de stocks » était pleinement réalisée. Une application plus adéquate et plus uniforme de la science requiert probablement la modernisation de plusieurs établissements de pisciculture existants et une reconnaissance explicite de la pisciculture comme une profession qui, pour réussir, nécessite un haut niveau de formation spécialisée.

Pour plusieurs décennies à venir, la réhabilitation des pêches exigera à la fois un transfert et une extension de la science disponible. Les connaissances scientifiques que nous possédons sur le saumon et la truite devront être efficacement transmises à des professionnels, à être mis en poste dans plusieurs régions, dans le réseau de pisciculture. Il faudra assimiler pour usage au Canada la science d'élevage du doré jaune résultant de travaux effectués dans le lac Onéida, New York, ainsi que dans l'Iowa, le Wisconsin et le Minnesota. De la même façon, l'expérience de collègues européens dans la culture des corégonidés devra être transférée au Canada. La science dont on dispose, tant sur le doré jaune que sur les corégonidés, devra sans doute être élargie et raffinée avant de l'appliquer à nos programmes de réhabilitation. En outre, lorsqu'il s'agira de réhabiliter des communautés de poissons qui se sont affaissées, comme c'est le cas dans le lac Ontario, il nous faudra peut-être apprendre à cultiver les espèces telles que le chabot de profondeur, maintenant virtuellement

éteint, qui servent de vecteur aux éléments nutritifs essentiels.

L'école de pensée la plus récente sur la côte occidentale s'accorde généralement à dire qu'il ne serait pas prudent de viser à la réhabilitation d'une espèce unique ou d'un stock unique dans un réseau fluvial sans mettre en danger les espèces et les stocks avoisinants. Ici comme ailleurs, on se rend compte qu'il faille reconstruire les espèces et les stocks en une communauté équilibrée. Si l'on admet et met en pratique ce qui précède, il faudra probablement modifier considérablement les établissements de pisciculture traditionnels et il faudra certainement exiger des pisciculteurs plus de performance scientifique.

Santé des poissons — Dans leur état actuel, il semble que la plupart des établissements de pisciculture, sinon tous, ont des problèmes de maladies et de parasites des poissons d'élevage. Il est difficile de décrire la gravité de ces problèmes en termes qualitatifs et quantitatifs précis, car les services de diagnostic sont généralement inadéquats, et les organismes n'ont que récemment senti le besoin de tenir un registre sur ces points. De toute façon, les mortalités chez les poissons d'élevage entraînent souvent des pertes financières substantielles qui devraient être mesurées et, si possible, évitées. De plus, on apprend souvent que des poissons de santé douteuse sont ensemencés lors de programmes routiniers ou servent à des projets de recherche. On ne peut que spéculer sur les pertes financières et/ou les conséquences écologiques d'une telle action. Ces affirmations ont un caractère personnel et ne veulent en aucune façon être dérogatoires. Elles veulent seulement *identifier* un problème sérieux afin qu'on l'attaque et le solutionne avec des services de diagnostic et de prophylaxie appropriés.

Des programmes agressifs de réhabilitation des pêches requerront une capacité supplémentaire d'élevage de poissons et, ce qui est peut-être plus important, une réorientation de l'effort vers une gamme plus étendue d'espèces et de stocks séparés d'élevage. Certains stocks auront plus de valeur à cause de leur rareté, d'autres à cause des investissements en temps, en argent et en science que comporteront leur sélection et leur élevage.

On a fait récemment d'importants progrès dans la planification du contrôle des maladies des poissons. Le Service des pêches et des sciences de la mer d'Environnement Canada a élaboré, avec la participation de représentants des provinces et des universités, un projet de réglementation concernant la protection de la santé des poissons (1975). La Commission des pêcheries des Grands Lacs a récemment endossé comme politique le rapport préparé par son Comité sur le contrôle des maladies des poissons (1975), un développement international significatif. Ces rapports font état du fait que la prévention des maladies mérite bien toute l'attention qu'on lui accorde maintenant dans les installations de pisciculture nouvelles ou reconstruites, et soulignent le besoin de services adéquats de diagnostic et de prophylaxie dans tous les établissements de pisciculture, y compris ceux du secteur privé. Les rapports recommandent également l'élaboration de politiques visant à empêcher le transport sans soin de poissons d'un endroit à l'autre, même à l'intérieur des régions.

Des considérations économiques et écologiques en général et les résultats de la planification des politiques en particulier font ressortir le besoin d'un centre ou de centres de haut calibre, qui effectueraient des travaux sur la santé des poissons au Canada. Un centre devrait fournir des services à la fois de recherche et de diagnostic pour aider les organismes gouvernementaux et privés de pisciculture et d'aquiculture. Un centre devrait avoir parmi son personnel des spécialistes des gouvernements fédéral et provinciaux, et des universités et devrait également contribuer à la formation d'experts dont on aura besoin à l'avenir.

Nutrition — Plusieurs points mentionnés à la section précédente s'appliquent aussi à la nutrition des poissons. C'est ainsi par exemple que les poissons provenant de nos stations piscicoles, utilisés dans des expériences ou dans des programmes de gestion, ne sont pas toujours en bonne santé du point de vue alimentaire. De plus, on se fait souvent dire que certains problèmes de pisciculture qui apparaissent comme problèmes pathologiques peuvent résulter de stress provenant en grande partie de régimes alimentaires inadéquats.

La plupart des pisciculture canadiennes utilisent maintenant des régimes fabriqués en dehors du Canada, dans certains cas pour des espèces autres que celles que nous élevons ici. Les coûts d'importation d'aliments préfabriqués deviennent rapidement prohibitifs. La préparation de régimes semblables ou alternatifs, à l'aide d'ingrédients canadiens exige des connaissances en nutrition qu'il n'est pas toujours facile de trouver au Canada.

L'élevage d'une plus grande diversité d'espèces et de stocks pour les programmes de réhabilitation demandera une plus grande variété de régimes que ceux dont on dispose présentement.

En outre, on reconnaît maintenant (Slinger, communication personnelle) que des même formules alimentaires doivent être ajustées assez finement dans différents établissements de pisciculture suivant la composition chimique locale de l'eau. Un autre problème que pose la pisciculture est celui de la qualité de l'effluent, et ici encore, il est possible (Slinger, communication personnelle) que le problème soit réglé par une manipulation des ingrédients du régime alimentaire.

Dans la plupart des élevages d'animaux de spécialité : poulets, dindes, porcs ou bétail, il a fallu appuyer un élevage intensif par des régimes alimentaires spéciaux. Le niveau anticipé d'opérations dans les pisciculture gouvernementales, auquel s'ajoutera un développement parallèle d'écloseries privées et d'industries d'aquiculture, devrait constituer un marché suffisamment étendu pour justifier le développement au Canada de régimes alimentaires spéciaux, surtout si l'on peut utiliser des ingrédients produits localement. Une initiative récente de l'Ontario avec la participation d'experts de l'Université de Guelph a reçu l'appui financier du Service des pêches et des sciences de la mer dans le but d'étudier ces problèmes et de stimuler l'intérêt dans la nutrition des poissons.

En aquiculture, l'objectif sera d'élever le plus rapidement possible, dans le moins d'espace possible et au coût le plus bas possible des poissons qui seront savoureux et attrayants une fois emballés. Par ailleurs, pour réaliser l'objectif des programmes de réhabilitation, il faudra des poissons de plusieurs sortes, vigoureux et en santé, capables de survivre dans les eaux naturelles. Les exigences alimentaires seront différentes.

Nous recommandons l'établissement d'un centre ou de centres de haut calibre pour la nutrition des poissons, semblables à ceux que nous avons suggérés pour les maladies des poissons.

Génétique et croisements sélectifs des poissons — Plusieurs stocks de poissons sur les côtes occidentale et orientale, et dans la région d'eau douce ont atteint des niveaux critiques ou sont éteints. Dans les Grands lacs, où plusieurs types de contraintes sont évidents, les stocks séparés qui ont disparu peuvent se chiffrer par douzaines et impliquant des espèces tels le touladi, le grand corégone et autres corégonidés, et le doré jaune. Dans toutes les régions, il serait prudent de considérer comme un fait la possibilité très réelle que nous avons perdu beaucoup plus de stocks que ceux que nous pouvons identifier présentement. La plupart de ces stocks ont disparu par suite de l'intervention directe et/ou indirecte de l'homme : pêche, industrialisation, construction de barrages et/ou de canaux, efforts en vue de se débarasser de pestes tels les simulies, moustiques, tordeuse des bourgeons de l'épinette, etc. Ce serait faire preuve de naïveté que de supposer, une fois reconnue l'importance de stocks séparés, que nous serons capables d'organiser les activités d'usagers compétitifs de l'eau de façon à éviter la perte de stocks additionnels.

Les hauts niveaux d'abondance passés étaient supportés par des communautés d'espèces et par des complexes de stocks à l'intérieur des espèces. Les programmes de réhabilitation visent donc au rétablissement de ces espèces et de ces complexes de stocks à des niveaux qui leur permettront de nouveau de se reproduire efficacement. La gestion se fera de façon à leur permettre de se maintenir par reproduction naturelle. Ceci veut donc dire qu'afin de réhabiliter l'écosystème du fleuve Fraser ou de la rivière Saint-Jean, ou encore celui des lacs Supérieur et Ontario, il faudra rétablir des populations pouvant se reproduire naturellement de chacun des stocks et espèces qui étaient jadis à la base de la ressource dans ces eaux. On réalise que la dégradation de l'habitat à la suite d'invasions d'espèces nouvelles ou de changements dans la qualité de l'eau ait pu éliminer quelques-uns des habitats particuliers occupés dans le passé par certaines espèces ou stocks et que, par conséquent, on soit incapable d'atteindre pleinement les niveaux d'abondance passés. Il nous faudra entreprendre des programmes agressifs d'aménagement de l'habitat, comme ceux de la Commission des pêcheries des Grands Lacs et de la Commission mixte internationale dans les Grands lacs afin de rétablir ces habitats, alors que d'autres devront être considérés comme perdus. Tout en se résignant à l'improbabilité de pouvoir rétablir entièrement les niveaux d'abondance passés dans nos programmes de réhabilitation, on peut quand même réaliser des améliorations majeures.

Dans les nombreux cas où les stocks existent encore, bien qu'à des niveaux dangereusement bas, et où les habitats sont encore sains, on semble posséder la science nécessaire à leur réhabilitation. Dans le cas où les stocks sont à des niveaux extrêmement bas, il peut être à conseiller ou nécessaire d'utiliser les produits sexuels des mâles pour féconder seulement les oeufs de femelles d'un stock étroitement apparenté, comme le suggèrent Calaprice (1969) et Ihssen (1976), de façon à obtenir des nombres adéquats de poissons contenant au moins quelques-uns des gènes nécessaires à une réhabilitation efficace. Il serait utile de poursuivre la vérification soigneuse de cette technique.

Dans les nombreux cas où les stocks ont disparu, ou encore sont voués à l'extinction malgré tous nos efforts, et/ou dans les cas où les habitats ont été modifiés de façon permanente, nous ne possédons pas encore la science requise pour la réhabilitation. Une nouvelle initiative majeure de recherche fondamentale sur la génétique et les croisements sélectifs des poissons s'impose.

Il ne sera peut-être pas trop difficile de mettre sur pied une telle initiative : quelques efforts éparpillés offrent déjà des promesses de succès. En Ontario, par exemple, à commercer à la fin des années 1950 sous la direction de F. E. J. Fry, on s'est occupé de créer un nouveau stock de truites par hybridation et croisements sélectifs, capables d'occuper la niche laissée vacante par le touladi dans le lac Huron. On a produit des hybrides entre le touladi et l'omble de fontaine, et on a mis au point des techniques de sélection visant à combiner le caractère de nage en eau profonde du touladi avec le caractère de maturité hâtive de l'omble de fontaine (Straight 1969; Tait 1970), technique que l'on a appliquée pendant quatre ou cinq générations. Le projet a réussi en laboratoire, et des expériences à grande échelle sur le terrain avec l'hybride sélectionné sont présentement en cours dans le lac Huron. Ces recherches visaient à développer une nouvelle truite capable d'occuper l'ancien habitat du touladi, qui avait été modifié par l'invasion de la lamproie marine et par les nombreux changements dans les communautés de poissons qui en résultèrent. De semblables projets de recherches peuvent être nécessaires pour les autres populations de truites, de saumons, de grands corégones et de dorés jaunes, là où les stocks originels ont disparu et où on ne peut compter sur l'aménagement des eaux pour donner aux habitats la qualité requise par les stocks originels.

Plus récemment, on a entrepris des travaux sur les croisements sélectifs et l'hybridation des saumons à St. Andrews sur la côte orientale, à Nanaïmo sur la côte occidentale et de la truite arc-en-ciel à Winnipeg. Quelques-uns de ces travaux reflètent le besoin anticipé de sélection de caractères spéciaux dans des programmes d'aquiculture plutôt que dans des programmes de réhabilitation.

Quels que soient les objectifs de ces initiatives, elles ont toutes contribué à mieux définir les questions fondamentales auxquelles la recherche doit trouver réponse. Quelques-unes de ces questions sont les suivantes :

1. Quels sont les mécanismes ou les modalités de transmission de caractères distincts? Il sera nécessaire de sélectionner certains caractères (e.g. aptitude à nager en profondeur ou tolérance aux bas niveaux d'oxygène) et en même temps éviter la sélection fortuite d'un caractère indésirable (e.g. fraie en rivière).
2. Quels paramètres spécifiques dans un environnement modifié sont devenus critiques pour la survie d'un stock ?
3. Une fois identifiés les paramètres en (2), quelles sont les techniques de sélection appropriées à l'adaptation du nouveau stock à un environnement modifié ?
4. Comment distinguer des stocks étroitement apparentés ? Par le temps de la fraie, le comportement reproducteur, la direction que prennent les alevins au moment où ils émergent, etc. ? Nous avons mentionné plus haut que certains stocks ont pu être affaiblis par une dilution génétique résultant de peuplements sans discernement d'autres stocks de la même espèce. La perspective de pouvoir prélever ailleurs un stock approprié à la niche laissée vacante par un stock éteint est toujours intrigante. En outre, si les produits sexuels de stocks « étroitement apparentés » peuvent aider à réhabiliter un stock gravement affaibli ou perdu, comment identifier le stock approprié ?
5. L'approche suggérée par Calaprice (1969) et Ihssen (1976), soit la maximisation de l'hétérozygosité, est-elle la meilleure pour réhabiliter des stocks éteints ? Quel degré de variété est requis du matériel parental ?

Ce sont là quelques-unes des questions auxquelles il faudra trouver des réponses pour les programmes de réhabilitation. Nous recommandons que soit entrepris un programme majeur de recherches fondamentales sur la génétique et les croisements sélectifs des poissons. La génétique, la physiologie et l'éthologie sont trois des disciplines qui devront faire partie d'une telle initiative.

Tout en se félicitant des travaux de recherche sur la génétique et les croisements sélectifs des poissons qui ont été entrepris à au moins quatre endroits au Canada, il est bon d'examiner ces recherches en détail afin de déterminer s'il y a lieu de consolider ou de coordonner davantage les efforts afin de pouvoir trouver plus rapidement une réponse aux questions fondamentales qui nous occupent.

Manipulation de l'habitat

Nous avons déjà mentionné dans ce rapport le genre de dommages infligés à la capacité de

production de plusieurs eaux canadiennes en poissons de qualité, et nous n'y reviendrons pas ici. Ces dommages se sont manifestés en grande partie en termes de qualité de l'eau, et la science et les initiatives appropriées à une amélioration dans ce domaine feront l'objet d'une autre publication dans cette série. La chronologie et le degré d'amélioration de la qualité de l'eau affecteront directement la chronologie et la nature des initiatives de réhabilitation. Les autres dommages à l'habitat des poissons ont pris la forme de modifications aux courants, volume d'eau et sédimentation dans les réseaux fluviaux et de fluctuations des niveaux d'eau dans les lacs qui ont été transformés en réservoirs pour des fins autres que la production de poissons. Les scientifiques et les ingénieurs ont bien réussi à atténuer ces dommages grâce à des travaux de génie tels que passes migratoires, chenaux de fraie, boîtes d'incubation, etc. Les projets de réhabilitation dans tout le Canada exigeront beaucoup de ce type de science.

Lister (1974) présente une excellente revue de l'application de ce genre de science au rehaussement des stocks de saumons sur les côtes occidentale et orientale, depuis ses débuts à Hell's Gate en 1945. Sa revue inclut les coûts actuels d'opération des installations, ainsi que les dépenses en immobilisations au moment de leur construction. Il mentionne des projets de « rehaussement » aussi bien que des projets « compensatoires », ces derniers comprenant des projets financés en partie par des organismes non gouvernementaux en compensation de dommages que leurs opérations ont infligés à la ressource naturelle.

Sur la côte occidentale, le Service des pêches et des sciences de la mer et la Commission internationale de la pêche du saumon dans le Pacifique exécutent depuis 1945 quelque 36 projets de rehaussement du saumon. Les dépenses en immobilisations à ce jour se chiffrent à $25 millions, et les dépenses courantes d'opération de ces projets sont d'environ $1 million. La majeure portion de ces investissements a été consacrée aux espèces de saumons de plus grande valeur, les saumons nerka, chinook et coho.

	Nerka	Keta	Rose	Chinook & cohoe	Espèces multiples	Total
Coûts d'immobilisations ($ × 1 000)	12 940	2 320	727	8 789	512	25 288
Coûts d'opération ($ × 1 000)	361	140	9	527	5	1 042

On estime à $172 000 annuellement les coûts d'opération, y compris les coûts d'évaluation des projets.

Près de 80% des dépenses en immobilisations consacrées au rehaussement des populations de saumons du Pacifique ont été faites durant la dernière décennie, la majeure portion ($16.2 millions) étant consacrée à trois projets : chenaux de fraie pour le saumon nerka du lac Babine et écloseries de saumons chinook et coho sur les rivières Capilano et Quinsam. Ces deux derniers projets semblent refléter le récent succès obtenu avec la propagation de poissons de pisciculture dans le nord-ouest des États-Unis, mais on peut dire que ce sont des projets de pisciculture plutôt que de réhabilitation. Il est clair, par la description de ces projets, que les investissements les plus profitables en réhabilitation ont été les passes migratoires installées à Hell's Gate sur le fleuve Fraser et à quelques autres endroits. À Hell's Gate, un investissement de $2.3 millions a contribué considérablement à des débarquements de poisson d'une valeur marchande de $60 millions au cours des trois dernières décennies. Les passes migratoires construites ailleurs dans les régions de la côte de la Colombie-Britannique ont été, elles aussi, profitables.

Il en a été de même des chenaux de fraie construits au cours des années 1960 pour les saumons nerka, rose et keta; ils ont donné de bons résultats. Par exemple, la production initiale provenant des chenaux de fraie des ruisseaux Weaver et Seton, et de la Grande rivière Qualicum après 1 ou 2 années d'opération a dépassé en valeur au débarquement les dépenses en immobilisations. Ces projets se poursuivent dans des situations où existaient encore des stocks naturels, bien qu'à de bas niveaux. Par ailleurs, les projets dépendant de poissons transplantés n'ont pas réussi. Les saumons roses transplantés dans le chenal de fraie du ruisseau Robertson au début des années 1960 n'ont pas réussi à s'établir et à se suffire à eux-mêmes, en dépit de taux élevés de survie de l'oeuf à l'avelin. Les essais de réhabilitation de la montaison de saumons nerka de la rivière Nanika à l'aide d'un stock provenant d'une autre partie du réseau de la

rivière Skeena (lac Babine) échouèrent également; par contre, dans la rivière Pitt, l'application de techniques semblables, i.e. pisciculture et chenal d'incubation avec un stock indigène, a fourni à la pêche une moyenne de 54 000 saumons nerka par année.

Sur la côte orientale, tous les 25 projets décrits, sauf un, impliquent le saumon atlantique. La seule exception est la transplantation de saumons roses dans la rivière North Harbour, Terre-Neuve. Les projets des provinces Maritimes et de Terre-Neuve ont été entrepris par les divisions régionales respectives du Service des pêches et des sciences de la mer. Dans le Québec, tous les projets de rehaussement des stocks de saumons ont été effectués par le ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche.

Les dépenses en immobilisations depuis 1945 atteignent un total de $5.6 millions, et les coûts d'opération courants sont d'environ $1.2 million. Le détail des dépenses par région est le suivant :

	Terre-Neuve	Maritimes	Québec	Total
Coûts d'immobilisations ($ × 1 000)	1 478	2 335	1 800	5 613
Coûts d'opération	209	656	315	1 180

On estime à $184 000 annuellement le coût d'évaluation des projets, inclus dans le total des coûts d'opération.

Les neuf pisciculture des Maritimes et du Québec représentent 54% des dépenses en immobilisations et 70% des dépenses d'opération consacrées au rehaussement du saumon atlantique. Ces coûts n'incluent pas l'opération de la Mactaquac sur la rivière Saint-Jean, qui est considérée comme projet « compensatoire ». À l'exception de la nouvelle station de l'Anse-Pleureuse dans le Québec, ces pisciculture sont relativement petites et furent établies il y a plus de 35 ans pour des projets qui différaient grandement de ceux d'aujourd'hui. Bien qu'on ait ajouté de nouvelles facilités d'élevage à chacun de ces établissements au cours des 20 dernières années, le volume et la qualité de l'eau disponible empêchent d'élargir ces stations à un niveau rentable. On se propose de consolider et de moderniser ce système de pisciculture de façon à développer un programme économiquement sain.

La balance des dépenses en immobilisations investies dans la réhabilitation du saumon atlantique a été consacrée surtout à l'établissement de populations de saumons dans les régions des cours d'eau en amont d'obstructions soit naturelles soit érigées par l'homme. Les résultats positifs ont été lents à se faire sentir, et il semble qu'il faille généralement 1-2 décennies pour permettre au saumon atlantique de coloniser des régions nouvellement accessibles.

C'est pourquoi on essaie maintenant de provoquer des montaisons dans ces régions dépeuplées en combinant des chenaux de fraie avec des transplantations d'adultes (Terre-Neuve) et par introduction de saumoneaux élevés en pisciculture (Maritimes et Québec).

Dans les régions d'eau douce du Canada, on n'a pas encore accumulé beaucoup d'expérience dans l'utilisation des travaux de génie, sauf les pisciculture, pour la réhabilitation des stocks de poissons. La difficulté que les gestionnaires ont rencontrée dans l'établissement de facilités expérimentales provient probablement de la dispersion des ressources et aussi de l'expression plus subtile et à long terme des dommages pour lesquels on demande compensation. C'est ainsi par exemple qu'il est difficile de quantifier l'effet de l'abaissement des niveaux d'eau sur la reproduction du touladi, comme le décrit Martin (1955), et de l'irrégularité du débit d'eau dans les rivières où fraie le doré jaune (Winterton 1975). On n'a pas encore corrigé, autant qu'on pourrait le faire avec les méthodes existantes, les effets à long terme des petits barrages et du défrichement sur les espèces migratrices, le saumon atlantique et, plus récemment, la truite arc-en-ciel dans les tributaires des Grands lacs, comme en discutent Christie (1972) et autres. Des passes migratoires récemment installées pour la truite arc-en-ciel sur les rivières Saugeen et Ganaraska ont réussi à agrandir l'habitat de cours d'eau disponible pour la reproduction naturelle et l'élevage, et ont démontré les bénéfices qui pourraient résulter d'installations additionnelles. Dodge (communication personnelle) estime que l'on pourrait plus que doubler l'habitat accessible à la truite arc-en-ciel dans le bassin du lac Érié et du lac Ontario en enlevant les barrages et/ou en installant des passes migratoires. On croit que les chenaux de fraie et autres mécanismes de réglage du débit et du niveau de l'eau peuvent améliorer considérablement la production de stocks naturels. Les frayères artificielles que Martin (1955) a étudiées pour le touladi et que J. M. Fraser (communication personnelle)

a essayées pour l'omble de fontaine et C. R. Jorgenson (communication personnelle) pour le doré jaune semblent promettre de modestes améliorations à des coûts modestes.

D'une façon très générale, il semble juste d'affirmer que la science du génie des pêches nécescaire à la réhabilitation des pêches au Canada est bien établie. Elle doit cependant être développée, en particulier dans la région d'eau douce. Une étroite coopération entre les ingénieurs et les scientifiques des pêches favorisera à la fois l'application et le développement de cette science. Chaque nouvelle installation y gagnera en efficacité si elle est l'objet d'une planification conjointe et d'une évaluation soigneuse de la part des deux.

Quelques besoins plus généraux

Définir la capacité de production « naturelle » — Dans ce rapport, nous définissons la réhabilitation des pêches comme un ensemble de programmes visant à rétablir les communautés de poissons et les complexes de stocks de poissons à leurs anciens niveaux d'abondance ou à des niveaux qui s'en rapprochent. On considère ces communautés et ces niveaux comme étant probablement équivalents à la pleine expression de la capacité de production d'écosystèmes individuels. On les considère également comme ayant été dans le passé et devant être à l'avenir le genre de base de ressources dont on peut extraire des récoltes relativement stables à long terme. La cible d'un projet de réhabilitation devient donc l'équivalent de la capacité de production naturelle de ce lac ou de ce réseau fluvial en particulier, et on mesurera le succès du projet selon le degré auquel cette cible est atteinte. Il faudra trouver des mesures permettant d'estimer la capacité potentielle de production des écosystèmes.

Plusieurs scientifiques se sont intéressés au développement de méthodes permettant d'obtenir et de tester ces estimations du potentiel, à long terme, de production de poissons dans les lacs. On note ici, entre autres, les excellentes contributions de Rawson (1951; 1952; 1955; 1960), de Northcote et Larkin (1956) et de Ryder (1965). Ryder et al. (1974) ont passé en revue les publications fondamentales qui conduisirent au développement de l'indice morphoédaphique (IME) comme estimateur. Ils font également brève mention de son application à la gestion sur une aire géographique étendue et dans plusieurs types de lacs, y compris ceux que décrivent Regier et al. (1971), et Henderson et al. (1973), de même que les petits plans d'eau d'omble de fontaine utilisés dans les études de Fraser (1972).

Pour ce qui est des cours d'eau, d'autre part, bien qu'il existe un nombre considérable de publications décrivant la biomasse et la récolte, je n'ai pu trouver d'estimateur ou d'indice de productivité à long terme de poissons. Selon Hynes (1970), la production primaire des cours d'eau dépend en grande partie de matériaux allochtones (feuilles, etc.). On s'accorde généralement à dire que les caractères morphologiques des cours d'eau, en particulier les successions « radiers-fosses », et une « couverture » adéquate influent fortement sur la capacité de charge ou sur la biomasse (Saunders et Smith 1962a, b; White et Brynildson 1967; Hunt 1971). On a également bien démontré les nombreux effets de la sédimentation sur la capacité de charge des cours d'eau en organismes benthiques et en poissons. Il devrait être possible, grâce à une recherche proprement orientée, de trouver un indice de capacité de production « naturelle » en poissons pour les cours d'eau.

Pour les lacs, on peut et on devrait utiliser les indices présentement disponibles de capacité de production en poissons comme première approximation de nos objectifs dans des projets de réhabilitation. On devrait appuyer fortement la recherche visant à rendre ces indices plus précis et à fournir une première approximation des espèces ou des groupes d'espèces contribuant au rendement total.

Pour ce qui est des rivières, on devrait encourager une recherche qui permettra de découvrir des indices de capacité de production en poissons à long terme.

Développer des systèmes d'information — Les ressources en argent et en main d'oeuvre n'ont jamais été et ne seront probablement jamais adéquates pour une prompte application d'un partie quelconque de la science de gestion à toutes les eaux, sur une base de lacs ou de stocks individuels, en un temps donné. Les ressources disponibles doivent être appliquées là où le besoin est le plus critique et où les bénéfices seront les plus grands. C'est ainsi par exemple, qu'il faudra faire un choix en 1977 entre un programme de réhabilitation d'un stock de saumons nerka dans le fleuve Fraser ou dans la rivière Skeena, et un projet de pisciculture du saumon coho dans le détroit de Georgie. Ou encore en Ontario, il faudra choisir en 1977 entre la poursuite au présent niveau d'un projet de réhabilitation du touladi dans le lac Supérieur et la réduction de l'effort afin d'entreprendre un programme dans le lac Simcoe dans le but de prévenir l'affaissement possible de la ressource ichtyologique tra-

ditionnelle de ce lac. Naturellement, des décisions de ce genre sont affaires de routine, mais trop souvent, elles sont beaucoup plus subjectives qu'objectives parce que les systèmes d'information ne sont pas adéquats. De telles décisions devraient être fondées sur des données contemporaines concernant l'état des stocks de poissons, l'habitat et les besoins des clients. On ne dispose d'une telle information que dans de quelques rares situations au Canada où le contrôle suivi à l'année longue est déjà accepté comme composante des méthodes de gestion du poisson.

Les relevés de lacs, de cours d'eau et d'espèces ou stocks (inventaire, cartographie) sont maintenant devenus des composantes de valeur de la science halieutique. De tels relevés ont été entrepris par des scientifiques cherchant à élucider les facteurs influençant la distribution et/ou cherchant à comprendre l'interaction compétitive entre espèces; par des gestionnaires qui avaient besoin de connaître l'étendue de la ressource qu'ils ont à gérer; et par certains secteurs de la population intéressés à connaître l'état de leur stock ou de leur lac favori. L'information à un point dans le temps que fournissent les relevés a toujours sa valeur, mais avec la meilleure compréhension que nous avons maintenant des répercussions de niveaux de stress changeants, on reconnaît que ces relevés ne sont pas une base adéquate de décisions impliquant des initiatives de gestion.

Idéalement, un gestionnaire voudrait avoir, pour chaque lac ou cours d'eau, l'information courante sur l'état des stocks de poissons et sur les paramètres appropriés de l'habitat qui affectent ces stocks. Il lui faudrait également connaître pour chaque paramètre de l'habitat les niveaux critiques pour la santé de la communauté de poissons. Nous ne possédons pas encore ce genre de science, mais on peut y substituer les données indiquant les tendances dans le temps si l'on veut bien prendre des initiatives de gestion sur la base des courbes. Il est en outre évident qu'on ne peut obtenir de données chronologiques pour tous les paramètres et pour toutes les eaux individuellement, et il faudra trouver un compromis.

Lors du colloque sur les SCOL (Loftus et Regier 1972) on a eu beaucoup de succès à traiter des communautés de salmonidés et/ou des lacs oligotrophes comme un « ensemble » lorsqu'il s'est agi d'identifier et d'étudier les effets généraux de contraintes imposées par l'homme sur ces communautés de poissons. Devant ce succès, Loftus (1976) suggère que d'autres types de lacs, peut-être ceux dominés par des percidés, des ésocidés et autres, pourraient être également traités comme des « ensembles ». Une telle approche peut également être applicable aux rivières et cours d'eau. Si l'on est d'accord avec ce qui précède, il devrait alors être possible pour nos organismes de pêche collectivement, d'obtenir des séries adéquates de données chronologiques sur des paramètres critiques choisis, dans les lacs et cours d'eau à travers le Canada. De telles séries de données, juxtaposées à un programme d'inventaire et de cartographie complété, devraient nous fournir pour toutes les eaux une information contemporaine adéquate pour des décisions objectives de gestion.

L'Ontario est présentement en train d'identifier des « ensembles » de lacs. On est à établir pour les principales nappes d'eau et pour les « ensembles » de lacs à travers la province des unités d'évaluation (Byrne et Loftus 1976) responsables de la collecte de données chronologiques sur les communautés de poissons, les récoltes, les habitats et les clients. Le programme d'inventaire ou de cartographie se poursuit. On est à développer un système régionalisé permettant de convertir les données recueillies par les unités d'évaluation en une information à l'intention des gestionnaires locaux; on a donné à ce système le nom de Ontario Fisheries Information System (OFIS).

On n'est pas sûr pour le moment s'il sera possible ou non, à cause des restrictions fiscales présentes, de réaliser ce système d'information sur les pêches en Ontario. Si on y arrive, on ne sait pas encore si le cadre conceptuel de l'OFIS s'avérera adéquat. Nous le mentionnons ici dans le but seulement d'indiquer le genre de système d'information sur les pêches à être développé régionalement au Canada.

Adopter l'approche adaptative (expérimentale) — Les scientifiques des pêches s'attaquent présentement aux programmes de réhabilitation avec une confiance renouvelée, qui est d'ailleurs justifié. Cette confiance est le fruit de nouvelles connaissances sur la façon de rendre la pisciculture efficace; d'une meilleure compréhension des réponses des espèces et des communautés de poissons aux effets individuels ou collectifs des contraintes imposées par l'homme; et de la reconnaissance d'une attitude publique générale qui appuie des programmes de gestion de la qualité de l'eau capables de fournir des habitats améliorés pour les poissons. Si ce nouveau palier de confiance est justifié, notre expérience passée de la gestion et, en fait, la qualité de notre nouvelle compréhension indiquent clairement que les nouveaux programmes majeurs devront être envisagés, non seulement comme moyens d'augmenter les stocks de poissons, mais aussi comme moyens

de vérifier des hypothèses et d'élargir notre compréhension de la façon dont les systèmes fonctionnent.

Nous avons examiné à la section précédente le besoin de meilleurs systèmes d'information comme base à des décisions plus objectives dans la gestion. On ne peut vérifier définitivement la plupart des techniques de gestion présentement en usage parce que nos systèmes de cueillette de données chronologiques ont été inadéquates. Dans les programmes de réhabilitation, on essayera de mettre en application, à grande échelle et dans des situations naturelles, des hypothèses qui nous semblent bonnes, mais qui n'ont pas encore été entièrement vérifiées sur le terrain. On voudra appliquer à grande échelle et dans diverses situations les résultats d'expériences simples et à petite échelle sur le terrain. Si tel est bien le cas, il serait important qu'on choisisse quelques situations « types » pour l'exécution de projets majeurs de réhabilitation selon une approche adaptive ou expérimentale explicite. Bien qu'on ait des raisons de croire que nos efforts de réhabilitation porteront des fruits en termes d'abondance du poisson, on ne peut prédire les résultats en détail, et il nous faut apprendre au fur et à mesure. L'approche adaptive à la réhabilitation nécessitera l'intégration des rôles distincts et complémentaires des gestionnaires et des chercheurs dans la conception soigneuse de plans, l'exécution et l'évaluation de chaque projet majeur.

Besoins en sciences sociales et économiques — Dans le passé, peut-être jusqu'en 1940, alors qu'il semblait y avoir une abondance de poisson pour tout le monde, les problèmes sociaux et économiques naissants étaient encore moins évidents pour les gestionnaires des pêches que des limites possibles aux approvisionnements en poisson. Les récentes décennies ont vu surgir des problèmes sociaux et économiques complexes, fortement accentués par la diminution des approvisionnements en poisson, et ceci nous a amené à considérer des programmes de réhabilitation. L'industrie des pêches commerciales était jadis caractérisée par de petites entreprises individuelles, artisanales et à faibles capitaux. Au cours des dernières décennies, elle s'est développée en une industrie complexe qui conserve encore quelques-unes des entreprises traditionnelles, mais qui comprend également un secteur industriel hautement raffiné et qui a besoin pour fonctionner d'approvisionnements abondants et stables en poisson. La pêche à la ligne pour fins récréatives a été considérée comme admise par les Canadiens dès les premiers jours de la colonie. Depuis les années 1940, cependant, la pêche sportive a évolué en un sens parallèlement aux composantes industrielles raffinées de la pêche commerciale, au point qu'elle soutire maintenant une portion importante et de plus en plus diversifiée de la ressource. De plus, les besoins et les droits des peuplades indigènes en termes de stocks de poissons sont des problèmes auxquels il a fallu récemment accorder une sérieuse attention par tout le Canada. Au début, dans les années d'abondance, il ne semblait pas y avoir de problèmes d'approvisionnement, mais maintenant, alors que les stocks sont à de bas niveaux et que tous les Canadiens deviennent de plus en plus conscients de leurs droits, le problème doit être attaqué.

Alors que s'intensifiaient et s'élargissaient les demandes de ces groupes de clients sur les ressources halieutiques, il en était de même des usages compétitifs de l'eau, ce qui eut comme résultat de réduire sérieusement la capacité de bien des eaux à produire ces ressources. Tous ces événements et leur interaction ont servi à définir et accentuer les problèmes sociaux et économiques inhérents à la gestion des pêches.

Depuis quelques décennies, les gestionnaires des pêches se rendent compte que l'information nécessaire à la prise de décisions est faible en données sociologiques et économiques. Les tentatives du début par les scientifiques des pêches de produire de telles données ont été pour la plupart abandonnées et remplacées par des études effectuées par des experts dans ces disciplines. D'excellentes études par MacKenzie (1973), Pearse Bowden Economic Consultants Ltd. (1971), Sinclair (1960), Lambert (1975) et autres nous ont récemment permis de mieux identifier le genre d'information requis et de mieux se rendre compte de la complexité des problèmes.

Quelques-unes de ces études ont été complétées, mais on semble peu disposé ou incapable de donner suite à leurs recommandations. Sans vouloir en analyser les raisons, nous sommes d'avis que, tant que ces problèmes ne seront pas carrément envisagés et des solutions de compromis trouvées, les conflits qui surgissent parmi les usagers de la ressource d'une part, et entre les usagers de la ressource et les autres usagers de l'eau d'autre part, continueront de bouleverser les meilleurs efforts de gestion d'une ressource qui s'épuise. Pour la même raison, des programmes de réhabilitation qui auraient pu réussir autrement peuvent échouer à la longue.

Les sociologues et les économistes doivent être partie intégrale de l'équipe au même titre que les spécialistes des pêches dans la planification et l'évaluation des programmes de réhabilitation.

Synthèse et communication — La science halieutique a été en grande partie développée par des chercheurs et des gestionnaires qui ont fait rapport, comme il se doit, de leurs contributions comme individus. De cette façon, les individus et les organismes dont ils font partie ont eu le crédit de leurs contributions scientifiques, et il en est résulté de rapides progrès pour la science halieutique en général. Par ailleurs, ce processus a conduit à une littérature fragmentaire et à un nombre croissant de périodiques, qu'il n'est pas toujours facile d'intégrer. De l'avis de plusieurs (Loftus 1976), la science halieutique en est maintenant au stade où il est difficile pour un scientifique d'être pleinement au courant de ce qui est connu et publié. La science a progressé au point où il est nécessaire d'accorder une attention spéciale à la synthèse des connaissances. non seulement comme fondement à de nouvelles initiatives en recherche, mais aussi dans le but d'assurer une communication efficace avec et parmi les gestionnaires en ce qui a trait à l'application, de même qu'avec le public dans le but de l'éclairer et d'obtenir son appui. À cause d'une préoccupation bien concevable pour des problèmes plus pressants, les gestionnaires et les chercheurs ont tous deux été enclins à confier à l'autre la responsabilité de la synthèse et de la communication. Comme résultat, la science dont nous disposons n'a pu être appliquée efficacement, et les voies d'une communication confortable entre les chercheurs et les gestionnaires se sont généralement détériorées.

Si l'affirmation générale qui précède est tant soit peu vraie, il faudra lui accorder une attention spéciale au moment où l'on doit entreprendre une initiative majeure, telle qu'un programme national de réhabilitation des pêches. Un programme de cette nature devra, pour assurer le maximum de bénéfices aux montants et au temps investis, recevoir l'appui entier de tous les participants, chercheurs, gestionnaires et clients. Cet appui ne peut être obtenu que grâce à une compréhension, dans ses grandes lignes, de l'état de la science et à une connaissance du rôle utile de chacun dans le programme entier.

Heureusement, cette préoccupation est moins justifiée aujourd'hui, car on a eu récemment des exemples de synthèse et de communications efficaces. Par exemple, l'article de Ricker sur le concept de stocks (Ricker 1972) semble être le genre de synthèse essentielle au succès de programmes comme celui de la réhabilitation du saumon. Il ne faudrait tout de même pas croire que tous ceux qui sont intéressés à la réhabilitation du saumon ont eu la chance de le lire ou de le comprendre. On ne peut certainement pas supposer que les gestionnaires des régions autres que la côte occidentale ont réalisé les implications de cet article dans leurs programmes de gestion ou de réhabilitation. Il se peut qu'il y ait encore beaucoup à faire dans le domaine des communications, même si des synthèses sont déjà publiées depuis quelques années. Le colloque sur les SCOL (Loftus et Regier 1972) est un autre exemple récent de synthèse d'une science existante mais éparpillée. Il y a eu pour la région d'eau douce une certaine communication des déductions et des implications de la science grâce à des cours de formation et à des articles populaires, mais il est peu probable que les personnes s'occupant de pêches maritimes, côtières et hauturières, en aient reconnu la pertinence possible à leurs problèmes.

Parmi d'autres exemples de synthèse et/ou de communications, on peut mentionner : la série H. R. MacMillan de conférences sur les pêches de l'Université de la Colombie-Britannique; le travail de Ricker (1975) sur la compilation et l'interprétation des statistiques biologiques de populations de poissons; la revue de 1966, préparée par le personnel du Service des pêches et des sciences de la mer, Station biologique du Pacifique, Nanaïmo, des programmes de recherches sur les méthodes d'augmenter les populations de saumons; la revue des méthodes de développement du saumon préparée par la Direction du développement de la ressource de ce qui était alors le ministère des Pêches, 1966, Vancouver. On a donc déjà un bon départ.

Nous recommandons que la synthèse de la science disponible et sa communication dans les rangs de la recherche et de la gestion soient explicitement reconnues comme la responsabilité conjointe des gestionnaires et des chercheurs en pêcheries. Que l'on accepte ces responsabilités, les communications avec les groupes de clients s'établieront ensuite presque automatiquement. On ne pourra y arriver, cependant, à moins de tenir, d'abord à l'échelle nationale, ensuite à l'échelle régionale, des sessions de travail spéciales, soigneusement organisées autour de sujets spécifiques et appropriés.

Les travaux de Roderick Haig-Brown et de Rachel Carson sont des exemples du genre de communications qui rejoignent le grand public, par opposition à des groupes de clients spécifiques, et dont la compréhension et l'appui sont également essentiels au progrès de la gestion des ressources halieutiques. Nous recommandons que ce genre de communication de la science halieutique soit l'objet d'une initiative spéciale.

Dispositions institutionnelles — C'est un des problèmes généraux à étudier et à solutionner si l'on veut que la science halieutique présentement disponible soit efficacement appliquée aux programmes de réhabilitation des pêches ou, en fait, aux programmes de gestion des pêches en général. Il est en outre important de résoudre ce problème avant d'entreprendre de nouvelles recherches. Si, en lisant cet en-tête, le lecteur suppose immédiatement que nous suggérons une autre réorganisation, il peut être assuré qu'il s'agit de quelque chose de beaucoup plus fondamental et efficace qu'une réorganisation.

Lors de la préparation d'un plan stratégique pour les pêches de l'Ontario (SPOF), un projet conjoint fédéral–provincial en cours, le groupe de travail a identifié des « dispositions institutionnelles inadéquates » comme étant un problème majeur à corriger. Le problème semble comporter deux éléments principaux, un qui est reflété dans la législation et un autre dans les dispositions traditionnelles de travail entre les organismes.

Un second document de travail du SPOF donne une liste de 43 lois fédérales et de 39 lois provinciales affectant directement ou indirectement le poisson, l'habitat des poissons et le gestionnaire des pêches dans son travail de gestion. Il y a sûrement là matière à simplification et à consolidation aux deux paliers de gouvernement. Le degré de fragmentation d'autorité et de responsabilité imposé par ces lois et par les nombreux ministères impliqués semble en désaccord avec la valeur directe des ressources concernées. Dans ces circonstances, il est difficile sinon impossible de coordonner les objectifs et les ressources disponibles. On peut malheureusement donner des exemples de projets entrepris à grand renfort de deniers publics par différents ministères d'un même gouvernement et qui, effectivement, se neutralisent l'un l'autre.

On a négocié un certain nombre d'« ententes » entre les gouvernements fédéral et provinciaux, dans lesquelles on précise les responsabilités des deux organismes dans des programmes à « coûts partagés » de recherche et de gestion des pêches. De telles ententes ont été annulées et/ou renégociées de temps à autres, et à l'heure actuelle, il n'en est pas deux qui soient semblables. Il en est de même des dispositions entre le gouvernement fédéral et, dans certains cas, les gouvernements provinciaux d'une part et les universités d'autre part portant sur l'aide à la recherche et à la formation postgraduée en pêcheries : elles ont changé avec le temps et ont diminué à un niveau alarmant, à en juger par la situation qui prévaut en Ontario. De même aussi, la politique gouvernementale relative à l'appui ou au développement de l'industrie a subi des changements et a été parfois l'objet de négociations. Nous mentionnons ceci simplement pour souligner le fait qu'il existe des ententes et que celles-ci sont en grande partie négociables. Dans l'étude documentaire préparée à l'intention du Conseil des sciences du Canada, Pimlott et al. (1971) mentionnent également ces ententes et suggèrent qu'il serait peut-être avantageux pour les pêches d'en faire la révision.

Si l'objectif des ententes fédérales–provinciales est d'en arriver à une division adéquate de la responsabilité et à un niveau approprié d'effort total et de coordination permettant une gestion efficace des pêches, on peut conclure qu'aucune d'elles n'a réussi. Sur la côte orientale, où la responsabilité entière repose sur le gouvernement fédéral, les stocks hauturiers sont soumis à de sévères contraintes (Regier et McCracken 1975), et les stocks côtiers sont considérablement affaiblis (McCracken et Macdonald 1976). En Ontario, pour donner un exemple des régions d'eau douce, où il y a accord explicite entre la province et le gouvernement fédéral sur le partage de la responsabilité, les communautés ichtyologiques des Grands lacs requièrent une somme considérablement accrue d'efforts de réhabilitation. Sur la côte occidentale où existe un genre différent d'ententes fédérales–provinciales, il est également nécessaire d'entreprendre un programme majeur de réhabilitation des stocks de saumons. Bien sûr, les facteurs qui ont contribué au déclin des ressources halieutiques d'une côte à l'autre n'ont rien à voir avec la forme des nombreuses ententes. Néanmoins, on se demande si les ententes ou les dispositions institutionnelles n'ont pas, en fait, contribué aux problèmes et, ce qui est plus important, si les structures traditionnelles fourniront des cadres adéquats à l'intérieur desquels il sera possible de réhabiliter les stocks de poissons. C'est également ce que se demande P. A. Larkin dans sa communication personnelle « A View from Victoria » en ce qui concerne l'initiative de rehaussement du saumon de la part du gouvernement fédéral.

La science halieutique ne peut être efficacement appliquée, ni par le gouvernement fédéral ni par les gouvernements provinciaux, sans une forte dose d'information sociale et économique, et sans l'appui du secteur public. On reconnaît maintenant que le secteur public est beaucoup plus complexe qu'auparavant, alors que l'idée semblait être de faire quelque chose pour les pêcheurs commerciaux. On admet maintenant que le secteur public comprend les pêcheurs commerciaux, les pourvoyeurs commerciaux pour

les touristes, les producteurs d'engins de pêche commerciale, les pêcheurs sportifs, les pêcheurs à la ligne résidents et non résidents, les populations indigènes, les usagers qui ne sont pas des consommateurs, les autres usagers de l'eau, et d'autres encore. Tous ces clients habitent une province ou opèrent d'une base provinciale. Dans ces situations, que l'on ne fait que réaliser, il semble impossible pour un organisme fédéral de gérer efficament les pêches sans la pleine participation des organismes provinciaux. Pour ces raisons ainsi que pour d'autres, il est également évident que les organismes provinciaux ne peuvent élaborer de programmes adéquats sans l'aide pleinement intégrée du gouvernement fédéral. La participation d'un personnel universitaire compétent est essentielle à la fois à la recherche et à la formation, et peut également contribuer à la planification des politiques, aux deux paliers de gouvernement.

Les crédits totaux présentement accordés par les organismes fédéraux et provinciaux, et par les autres organismes qui financent des projets se rapportant aux pêches doivent être considérés comme impressionnants. Pour le public, ceci peut sembler adéquat et, de toute façon, c'est entièrement une affaire de « gouvernement » et entièrement une affaire de « dollars de taxes ». Pour les scientifiques des pêches, le point de vue peut être remarquablement semblable, pourvu que l'on puisse éliminer de l'évaluation cette rivalité et ce protectionisme traditionnels et sans importance entre les organismes.

À une époque où la science halieutique est capable d'améliorer de façon appréciable l'abondance des stocks de poissons et où les stocks de poissons ont en général tellement besoin d'une meilleure gestion, ce serait une tragédie en vérité que de voir une initiative majeure presque à notre portée rendue inefficace parce que les organismes ne veulent pas bouger de leurs confortables positions traditionnelles. Dans la planification du SPOF, les scientifiques directement impliqués se sont explicitement divorcés de leurs affiliations avec des organismes et ont pu ainsi communiquer efficacement et faire une planification applicable aux pêches plutôt qu'aux organismes. Il sera intéressant de voir si les gouvernements peuvent faire de même.

Résumé et recommandations

Nous avons présenté une brève revue de l'état des communautés de salmonidés sur les côtes occidentale et orientale et des communautés de poissons dans quelques lacs d'eau douce choisis. La plupart des pêches exploitent présentement une ressource qui a diminué de moitié environ par rapport aux niveaux d'abondance passés. Plusieurs stocks séparés qui étaient jadis à la base de la ressource sont maintenant à des niveaux critiquement bas, et certains sont même éteints.

Les contraintes qui ont conduit à cet état de choses diffèrent surtout en degré d'une côte à l'autre et comprennent : (1) la surexploitation — évidente dans toutes les régions considérées. La puissance de pêche et les demandes de la part des groupes de clients continuent d'augmenter; (2) la charge excessive d'éléments nutritifs — évidente dans les eaux avoisinant les régions métropolitaines et les régions de culture intensive; et développement excessif de chalets et de facilités récréatives; (3) la charge de substances contaminantes — évidente dans les eaux avoisinant des développements intensifs de l'industrie, des mines, des forêts et de l'agriculture; (4) la modification des débits d'eau — résultant d'événements naturels, mais surtout de travaux de génie, tels que barrages et détournements de cours fermant l'accès aux frayères et diminuant ou modifiant la capacité de production en poissons des cours d'eau ou des lacs; (5) les invasions de nouvelles espèces, telles que la lamproie marine, l'éperlan arc-en-ciel et le gaspareau; (6) la modification de la ligne de rivage, l'irrigation, etc.

On considère le concept de stocks, explicitement reconnu chez le saumon nerka et les autres salmonidés de la côte occidentale, comme étant applicable à la plupart des autres importantes espèces de poissons.

C'est maintenant le temps d'entreprendre des initiatives majeures, telles que celle présentement en cours pour le saumon de la côte occidentale, visant à revenir aux anciens niveaux d'abondance. Nous possédons une bonne partie de la science requise, mais il faut en faire la synthèse et l'application. On a aussi une bonne idée de la science supplémentaire dont on a besoin, et celle-ci semble à notre portée. Quelques-uns des travaux sur la qualité de l'eau et l'aménagement de l'habitat, conditions préalables à la réhabilitation des pêches, sont déjà en cours. C'est le cas, par exemple, des programmes de la Commission des pêcheries des Grands Lacs et de la Commission mixte internationale.

En dépit de la popularité dont il jouit présentement, le terme « rehaussement » a été évité parce qu'il englobe deux approches très différentes, peut-être même contradictoires, la pisciculture et la réhabilitation, comme moyens d'améliorer l'état des stocks. Les deux approches auront des conséquences bien différentes, et le choix de l'une ou de l'autre devrait être

fait selon une politique explicite. L'auteur recommande que l'on opte pour la réhabilitation pour le Canada, examine les besoins en science dans ce contexte et fait les recommandations suivantes :

1) Élargir l'application de la science disponible concernant l'incubation, l'élevage et l'ensemencement des salmonidés au Canada, en modernisant les installations de pisciculture et en reconnaissant la pisciculture comme une profession. Voir à ce que la science piscicole développée ailleurs pour d'autres espèces tels le doré jaune et les corégonidés soit assimilée et développée davantage.

2) Mettre l'accent sur le concept de stocks dans les programmes de réhabilitation. Il peut être nécessaire à cette fin d'adopter de petites unités de pisciculture, versatiles et mobiles, plutôt que les grandes stations permanentes et plus « efficaces » présentement populaires.

3) Organiser un centre ou des centres nationaux de travaux sur la santé des poissons (maladies et parasites). On aura besoin de beaucoup de recherches nouvelles, de même que de services de diagnostic et de prophylaxie pour les opérations piscicoles du gouvernement et du secteur privé. Le personnel fédéral, provincial et universitaire de ces centres devra être pleinement intégré. Décourager le transfert peu soigneux de poissons.

4) Organiser un centre ou des centres nationaux d'études sur la nutrition des poissons, dont le mandat serait semblable à celui mentionné en (3), et de préférence aux mêmes endroits que (3).

5) Mettre sur pied un programme majeur de recherches fondamentales sur la génétique et les croisements sélectifs des poissons. En plus de généticiens, l'équipe devrait comprendre des physiologistes et des éthologistes. Faire une revue des initiatives dispersées courantes dans ce domaine afin de consolider dans un centre ou des centres nationaux les experts disponibles. Ici aussi, il faudrait intégrer le personnel fédéral, provincial et universitaire.

6) Poursuivre la recherche et les études de gestion (sélectivité des engins de pêche, relation entre un stock et l'écologie de la communauté) visant à améliorer l'aptitude à récolter les stocks de façon sélective.

7) Développer la science du génie des pêches par une planification en équipe et une évaluation sur la base de projets individuels sur les deux côtes. Mettre en marche les programmes en vue d'adapter aux espèces d'eau douce la science disponible.

8) Appuyer une recherche supplémentaire orientée vers le raffinement des indices de potentiel de production en poissons pour les lacs et les cours d'eau. Encourager l'emploi d'indices existants comme premières approximations des cibles de projet de réhabilitation.

9) Développer des systèmes d'information sur les pêches sur une base régionale. Ces systèmes devraient fournir des séries de données continues (communauté de poissons, récolte, habitat et usagers) sur des eaux types soigneusement choisies, et devront aider les gestionnaires à décider de ce qui devrait être fait et du moment de le faire. La communauté de poissons, telle que nous l'entendons ici, comprend les nombreuses espèces dans la communauté et les nombreux stocks au sein d'une même espèce. On devrait poursuivre et terminer la cartographie de la ressource (relevés).

10) Élargir considérablement et incorporer dans la composante « usagers » des systèmes d'information sur les pêches les données sociales et économiques, maintenant plus que jamais importantes dans les décisions relatives à la gestion.

11) Adopter l'approche adaptive (expérimentale) à quelques grands projets de réhabilitation. Tout en ayant confiance en notre aptitude à améliorer les biomasses, nous reconnaissons notre incapacité à prédire en détail les conséquences de nos efforts. Les équipes de chercheurs et de gestionnaires doivent être intégrées à tous les stades de planification, d'exécution et d'évaluation, de façon à tirer le meilleur profit de toutes les occasions d'apprendre.

12) Faire des efforts explicites en vue de synthétiser la science éparpillée et volumineuse dont nous disposons. On découvrira probablement qu'il y a plus de connaissances qu'on ne le croyait. De telles synthèses permettront d'organiser des communications plus efficaces parmi les gens s'occupant de pêches et avec le public.

13) Les dispositions institutionnelles traditionnelles sur lesquelles on comptait pour la recherche et la gestion des pêches n'ont pas eu trop de succès. La distinction entre les experts fédéraux, provinciaux ou universitaires importe peu à ceux qui payent la note. Au moment d'entreprendre une nouvelle initiative majeure dans le domaine des pêches, nous avons peut-être une chance unique de mettre de côté nos différences traditionnelles et de faire, collectivement, un travail beaucoup plus efficace.

14) Il est peut-être approprié, à la veille du lancement d'un programme que l'on est en voie de planifier, de faire un bref commentaire portant spécifiquement sur le saumon de la C.-B. Alors que toutes les recommandations qui précèdent

peuvent s'appliquer à la réhabilitation du saumon, nous suggérons que l'on accorde une attention particulière à (a) la décision quant à une politique de réhabilitation vs pisciculture et (b) l'approche adaptive ou expérimentale. Le moment est opportun pour une initiative agressive. Cette initiative devrait être entreprise à quelques endroits choisis avec soin et devrait être très soigneusement planifiée par la meilleure équipe possible d'experts en recherche et en gestion. Cette équipe devra également être chargée de l'évaluation des résultats, évaluation dont dépendra le succès continu du programme sur le saumon et des programmes à travers le pays. Les demandes en recherches, tant pour des initiatives spécifiques que pour la participation à des projets sur le terrain, seront considérables. Pour cette raison, les crédits destinés à la recherche devront être élevés, peut-être de l'ordre de 15 ou 20% de ce qu'ils sont présentement, particulièrement pendant les 10 ou 15 premières années.

Remerciements

Cette étude a été effectuée avec l'appui de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada en termes de frais de voyages et de l'Ontario Ministry of Natural Resources en termes de temps pendant lequel l'auteur a été dégagé de ses responsabilités régulières. Le Comité des ressources aquatiques renouvelables de l'ORP dont je relevais consiste de P. A. Larkin, P. Russell, S. Sinclair et K. F. Harding. Ces personnes, ainsi que les membres de l'Office J. R. Weir et W. R. Martin nous ont tous guidé de leurs conseils. Parmi les collègues associés aux autres études de cette série de l'Office des recherches sur les pêcheries qui nous ont été particulièrement utiles, nous devons mentionner H. A. Regier, H. H. Harvey, G. I. Pritchard et F. D. McCracken. Malgré leurs nombreuses occupations, les personnes du monde des pêches d'une côte à l'autre fournirent généreusement et leur temps et leurs idées. Il y en a trop pour que nous puissions en donner la liste complète, mais nous leur exprimons tout notre gratitude pour une contribution fort appréciée. Lors des révisions du manuscrit, les critiques de G. C. Armstrong, E. W. Burridge, W. J. Christie, C. W. Douglas, K. K. Irizawa, R. A. Ryder, R. L. Saunders, D. P. Scott et R. C. Thomas nous ont été particulièrement utiles.

Références

Baldwin, N. S., and R. W. Saalfeld. 1962. Commercial fish production in the Great Lakes 1867–1960. (Revisions through 1968 included.) Great Lakes Fish. Comm. Tech. Rep. 3: 166 p.

Beeton, A. M. 1961. Environmental changes in Lake Erie. Trans. Am. Fish. Soc. 90: 153–159.

1965. Eutrophication of the St. Lawrence Great Lakes. Limnol. Oceanogr. 10: 240–254.

1969. Changes in the environment and biota of the Great Lakes, p. 150–187. *Dans* Eutrophication : causes, consequences, and correctives. Proc. Symp. Nat. Acad. Sci. Washington, D.C.

Berst, A. H., and G. R. Spangler. 1972. Lake Huron : effects of exploitation, introductions and eutrophication on the salmonid community. J. Fish. Res. Board Can. 29: 877–887.

1973. Lake Huron : the ecology of the fish community and man's effects on it. Great Lakes Fish. Comm. Tech. Rep. 21: 41 p.

Berst, A. H., and A. A. Wainio. 1967. Lamprey parasitism of rainbow trout in southern Georgian Bay. J. Fish. Res. Board Can. 24: 2539–2548.

Budd, J. C. 1957. Movements of tagged whitefish in northern Lake Huron and Georgian Bay. Trans. Am. Fish. Soc. 86: 128–134.

Budd, J. C., and D. Cucin. 1962. Exploitation of Canadian Lake Huron whitefish. Trans. Am. Fish. Soc. 91: 223–224.

Budd, J. C., J. B. Smith, and F. E. J. Fry. 1963. Year class variation in the whitefish of South Bay, Manitoulin Island. Ont. Dep. Lands For., and Dep. Zool., Univ. Toronto. 29 p.

Byrne, J. M., and K. H. Loftus. 1976. The function of assessment units in the Ontario Ministry of Natural Resources. 24 p. (Miméo)

Calaprice, J. R. 1969. Production and genetic factors in managed salmonid populations, p. 377–388. *Dans* Symposium on salmon and trout in streams 1968. H. R. MacMillan Lectures in Fisheries. Univ. British Columbia, Vancouver, B.C.

Christie, W. J. 1972. Lake Ontario : effects of exploitation, introductions and eutrophication on the salmonid community. J. Fish. Res. Board Can. 29: 913–919.

1973. A review of the changes in the fish species composition of Lake Ontario. Great Lakes Fish. Comm. Tech. Rep. 23: 65 p.

1974. Changes in the fish species composition of the Great Lakes. J. Fish. Res. Board Can. 31: 827–854.

Christie, W. J., J. M. Fraser, and S. J. Nepszy. 1972. Effects of species introductions on salmonid communities in oligotrophic lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 969–973.

Colby, P. J., G. R. Spangler, D. A. Hurley, and A. M. McCombie. 1972. Effects of eutrophication on salmonid communities in oligotrophic lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 975-983.

Collins, J. J. 1970–75. Whitefish in the north channel of Lake Huron. *Dans* Annual reports of the South Bay Fisheries Research Station. Ont. Dep. Nat. Resour., 1965–1974.

1971. The introduction of kokanee (*O. nerka*) into Lake Huron. J. Fish. Res. Board Can. 28: 1857–1871.

Cucin, D., and H. A. Regier. 1965. Dynamics and exploitation of lake whitefish in southern Georgian Bay. J. Fish. Res. Board Can. 23: 221–274.

DILLON, P. J., AND F. H. RIGLER. 1975. A simple method for predicting the capacity of a lake for development based on lake trophic status. J. Fish. Res. Board Can. 32: 1519–1531.

ELSON, P. F. 1940. Effects of current on the movement of speckled trout. J. Fish Res. Board Can. 4: 491–499.

ELSON, P. F., AND C. J. KERSWILL. 1968. The biology and use of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Canada — a synopsis of present knowledge and assessment of research needs. 58 p.

ELSON, P. F., A. L. MEISTER, J. W. SAUNDERS, R. L. SAUNDERS, J. B. SPRAGUE, AND V. ZITKO. 1972. Impact of chemical pollution on Atlantic salmon in North America. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4(1): 83–110.

ESCHMEYER, P. H. 1955. The reproduction of lake trout in southern Lake Superior. Trans. Am. Fish. Soc. 84: 47–74.

FERGUSON, R. G., AND A. J. DERKSEN. 1971. Migrations of adult and juvenile walleyes (*Stizostedion vitreum vitreum*) in southern Lake Huron, Lake St. Clair, Lake Erie and connecting waters. J. Fish. Res. Board Can. 28: 1132–1142.

FRASER, J. M. 1972. Recovery of planted brook trout, splake, and rainbow trout from selected Ontario lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 129–142.

GIBSON, R. J. 1972. Interactions of juvenile Atlantic salmon and brook trout. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4(1): 181–202.

GILBERT, C. H., AND H. O'MALLEY. 1921. Investigations of the salmon fisheries of the Yukon River. U.S. Comm. Fish. Rep. 6: 128–154.

GREAT LAKES. FISHERY COMMISSION ANNUAL REPORTS. Ann Arbor, Mich. 1956–1973.

HAIG-BROWN, R. 1959. Fisherman's summer. William Morrow and Co., New York, N.Y. 253 p.

HARLOW, G. L. 1966. Major sources of nutrients for algal growth in western Lake Erie, p. 389–394. *Dans* Proc. 9th Conf. Great Lakes Res. 1966. Int. Assoc. Great Lakes Res.

HARTMAN, W. L. 1972. Lake Erie: effects of exploitation, environmental changes, and new species on the fishery resources. J. Fish. Res. Board Can. 29: 899–912.

1973. Effects of exploitation, environmental changes and new species on the fish habitats and resources of Lake Erie. Great Lakes Fish. Comm. Tech. Rep. 22: 43 p.

HENDERSON, H. F., R. A. RYDER, AND A. W. KUDHONGANIA. 1973. Assessing fishery potentials of lakes and reservoirs. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2000–2009.

HUNT, R. L. 1971. Responses of a brook trout population to habitat development. Wis. Dep. Nat. Res. Tech. Bull. 48: 38 p.

HUNTSMAN, A. G. 1972. The truth about salmon fishing. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found., Spec. Publ. Ser. 4(1): 449–462.

HURLEY, D. A. 1970. Seasonal changes in several biotic and abiotic constituents at three stations in the Bay of Quinte. Ont. Dep. Lands For. Sect. Rep. (Fish.) 73: 50 p.

[Président]. 1973. First annual report of Project Quinte for 1972. Glenora Fish. Res. Stn. 30 p.

HYNES, H. B. N. 1970. The ecology of running waters. Univ. Toronto Press, Toronto, Ont. 55 p.

IHSSEN, P. 1976. Selective breeding and hybridization in fisheries management. J. Fish. Res. Board Can. 33: 316–321.

JOHNSON, L. 1972. Keller Lake: Characteristics of a culturally unstressed salmonid community. J. Fish. Res. Board Can. 29: 731–740.

JORGENSEN, C. R. 1975. The fisheries of Lake Nipissing. Ont. Dep. Nat. Resour. Libr. 179 p.

KELEHER, J. J. 1972. Great Slave Lake: Effects of exploitation on the salmonid community. J. Fish. Res. Board Canada 29: 741–753.

KERSWILL, C. J. 1967. Studies on effects of forest sprayings with insecticides, 1952–63 on fish and aquatic invertebrates in New Brunswick streams: Introduction and summary. J. Fish. Res. Board Can. 24: 701–708.

KILLICK, S. R. 1955. The chronological order of Fraser River sockeye salmon during migration, spawning and death. Int. Pac. Salmon Fish. Comm. Bull. 7: 95 p.

LAMBERT, L. 1975. Ontario's Lake Erie commercial fishery — a social and economic profile. Ont. Dep. Nat. Resour., Comm. Fish Fur Branch Rep. 38 p.

LANGLOIS, T. H. 1946. Statement of the basis for the Ohio point of view regarding management of the Great Lakes fisheries. Univ. Toronto, Dep. Zool. Libr. Rep. 12 p. (Miméo)

LARKIN, P. A. 1972. The stock concept and management of Pacific salmon, p. 11–15. *Dans* The stock concept in Pacific salmon. H. R. MacMillan Lectures in Fisheries. Univ. British Columbia, Vancouver, B.C.

1975. Play it again Sam — an essay on salmon enhancement. J. Fish. Res. Board Can. 31: 1433–1456.

LAWLER, G. H., L. A. SUNDE, AND J. WHITAKER, 1974. Trout production in prairie ponds. J. Fish. Res. Board Can. 31: 929–936.

LAWRIE, A. H. 1970. The sea lamprey in the Great Lakes. Trans. Am. Fish. Soc. 99: 766–775.

LAWRIE, A. H., AND J. F. RAHRER. 1972. Lake Superior: Effects of exploitations and introductions on the salmonid community. J. Fish. Res. Board Can. 29: 765–776.

1973. Lake Superior, a case history of the lake and its fisheries. Great Lakes Fish. Comm. Tech. Rep. 19: 69 p.

LEWIS, C. A., AND C. H. OLVER. 1971. Reproduction of lake trout (*Salvelinus namaycush*) introduced into a small precambrian Ontario lake. MS Rep.: 18 p.

LISTER, D. B. 1974. A brief review of salmon enhancement programs in Pacific and Atlantic Canada. MS Rep. for Government/Industry Policy Development Seminar on Resource Enhancement, Vancouver, B.C. 11 p.

LOFTUS, K. H. 1958. Studies of river-spawning populations of lake trout in eastern Lake Superior. Trans. Am. Fish. Soc. 87: 259–277.

1976. A new approach to fisheries manage-

ment and F. E. J. Fry's role in its development. J. Fish. Res. Board Can. 33: 321–325.

LOFTUS, K. H., AND H. A. REGIER. 1972. Introduction to the proceedings of the 1971 symposium on salmonid communities in oligotrophic lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 613–616.

MACCRIMMON, H. R. 1968. Carp in Canada. Bull. Fish. Res. Board Can. 165: 94 p.

1971. World distribution of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish Res. Board Can. 28: 663–704.

MACCRIMMON, H. R., AND T. L. MARSHALL. 1968. World distribution of brown trout, *Salmo trutta*. J. Fish. Res. Board Can. 25: 2527–2548.

MACKAY, H. H. 1963. Fishes of Ontario. Ont. Dep. Lands For. 292 p.

MACKENZIE, W. C. 1973. Reconciling conflicts among different economic interest groups in the management of fisheries. J. Fish. Res. Board Can. 30: 2065–2069.

MARTIN, N. V. 1955. The effect of drawdowns on lake trout reproductions, and the use of artificial spawning beds. Trans. 20th North Am. Wildl. Conf. p. 263–271.

1957. Reproduction of lake trout in Algonquin Park, Ontario. Trans. Am. Fish. Soc. 86: 231–244.

1960. Homing behaviour in spawning lake trout. Can. Fish. Cult. 26: 3–6.

MARTIN, N. V., AND F. E. J. FRY. 1972. Lake Opeongo: Effects of exploitation and introductions on the salmonid community. J. Fish. Res. Board. Can. 29: 795–805.

MCCRACKEN, F. D., AND R. D. S. MACDONALD. 1976. Science for Canada's Atlantic inshore seas fisheries. J. Fish. Res. Board Can. 33: 2097–2139.

MCKERNAN, D. L. 1972. Atlantic Salmon — an endangered species or a resource for the future. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4(1): 13–20.

MILLS, D. 1972. Preliminary assessment of the characteristics of spawning tributaries of the River Tweed with a view to management. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4(1): 145–155.

MOLLER, D. 1970. Transferring polymorphism in Atlantic salmon (*Salmo salar*). J. Fish Res. Board Can. 27: 1617–1625.

NARVER, D. W. 1969. Age and size of steelhead trout in the Babine River, British Columbia. J. Fish. Res. Board Can. 26: 2754–2760.

NARVER, D. W., AND F. C. WHITLER. 1971. Age and size of steelhead trout (*Salmo gairdneri*) in anglers' catches from Vancouver Island, British Columbia streams. Fish. Res. Board Can. Nanaimo Biol. Stn. Circ. 91: 26 p.

NEEDLER, A. W. H. 1972. The problem of Atlantic salmon production and use in North America. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4(1): 31–35.

NORTHCOTE, T. G. 1972. Kootenay Lake: Man's effects on the salmonid community. J. Fish. Res. Board Can. 29: 861–865.

NORTHCOTE, T. G., AND P. A. LARKIN. 1956. Indices of productivity in British Columbia lakes. J. Fish. Res. Board Can. 13: 515–540.

OLVER, C. H., AND C. A. LEWIS. 1971. Reproduction of planted lake trout in Gamitagama, a small precambrian lake in Ontario. Ont. Dep. Nat. Resour. 12 p.

PAYNE, N. R. 1963. The life history of the yellow walleye in the Bay of Quinte. M.A. Thesis. Univ. Toronto. Toronto, Ont. 40 p.

PEARSE BOWDEN ECONOMIC CONSULTANTS LTD. 1970. The value of nonresident sport fishing in British Columbia. Study Rep. 4, on the economics of wildlife and recreation. 65 p.

1971. The value of freshwater sport fishing in British Columbia. Study Rep. 5 on the economics of wildlife and recreation. 65 p.

PIMLOTT, D. H., C. J. KERSWILL, AND J. R. BIDER. 1971. Scientific activities in fisheries and wildlife resources. Sci. Counc. Can. Background Study 15: 191 p.

POWER, G. 1972. Salmon managements — myths and magic. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4(1): 427–439.

PYCHA, R. L., AND G. R. KING. 1975. Changes in the lake trout populations of southern Lake Superior in relation to fishing, the sea lamprey and stocking. 1950–70. Great Lakes Fish. Comm. Tech. Rep. 28: 33 p.

RAWSON, D. S. 1951. The total mineral content of lake waters. Ecology 32: 669–672.

1952. Mean depth and the fish-production of large lakes. Ecology 33: 513–521.

1955. Morphometry as a dominant factor in the productivity of large lakes. Verh. Inst. Ver. Limnol. 12: 164–175.

1960. A limnological comparison of twelve large lakes in northern Saskatchewan. Limnol. Oceanogr. 5: 195–211.

REGIER, H. A. 1976. Science for the scattered fisheries of the Canadian interior. J. Fish. Res. Board Can. 33: 1213–1232.

REGIER, H. A., V. C. APPLEGATE, AND R. A. RYDER. 1969. The ecology and management of the walleye in western Lake Erie, Great Lakes Fish. Comm. Tech. Rep. 15: 101 p.

REGIER, H. A., A. J. CORDONE, AND R. A. RYDER. 1971. Total fish landings from fresh waters as a function of limnological variables, with special reference to lakes of east-central Africa. FAO Fish Stock Assess. Work Pap. 3: 13 p.

REGIER, H. A., AND W. L. HARTMAN. 1973. Lake Erie's fish community: 150 years of cultural stresses. Science 180: 1248–1255.

REGIER, H. A. AND K. H. LOFTUS. 1972. Effecst of fisheries exploitation on salmonid communities in oligotrophic lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 959–968.

REGIER, H. A., AND F. D. MCCRACKEN. 1975. Science for Canada's shelf-seas fisheries. J. Fish. Res. Board Can. 32: 1887–1932.

RICKER, W. E. 1962. Productive capacity of Canadian fisheries. Fish. Res. Board Can. Nanaimo Biol. Stn. Circ. 64: 79 p.

1972. Hereditary and environmental factors

affecting certain salmonid populations, p. 19–160. *Dans* The stock concept in Pacific salmon. H. R. MacMillan Lectures in Fisheries. Univ. British Columbia, Vancouver, B.C.

1973. Two mechanisms that make it impossible to maintain peak-period yields from stocks of Pacific salmon and other fishes. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1275–1286.

1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 191: xviii + 382 p.

RICKER, W. E., AND H. D. SMITH. 1975. A revised interpretation of the history of the Skeena River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). J. Fish. Res. Board Can. 32: 1369–1381.

RYDER, R. A. 1965. A method for estimating the potential fish production of north-temperature lakes. Trans. Am. Fish. Soc. 94: 214–218.

1968. Dynamics and exploitation of mature walleyes (*Stizostedion vitreum vitreum*) in the Nipigon Bay Region of Lake Superior. J. Fish. Res. Board. Can. 25: 1347–1376.

1972. The limnology and fishes of oligotrophic glacial lakes in North America (about 1800 A.D.). J. Fish. Res. Board Can. 29: 617–628.

RYDER, R. A., AND L. JOHNSON. 1972. The future of salmonid communities in North American oligotrophic lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 941–949.

RYDER, R. A., S. R. KERR, K. H. LOFTUS, AND H. A. REGIER. 1974. The morphoedaphic index, a fish yield estimator — review and evaluation. J. Fish. Res. Board Can. 32: 663–688.

SAUNDERS, J. W., AND M. W. SMITH. 1962a. Physical alteration of stream habitat to improve brook trout production. Trans. Am. Fish. Soc. 91: 185–188.

1962b. Physical alteration of stream habitat to improve brook trout production. Trans. Am. Fish. Soc. 91: 388–394.

SAUNDERS, R. L. 1967. Seasonal pattern of return of Atlantic salmon in the northwest Miramichi River, New Brunswick. J. Fish. Res. Board Can. 24: 21–32.

SCOTT, W. B., AND J. W. CHRISTIE. 1963. The invasion of the lower Great Lakes by the white perch, *Roccus americanus* (Gmelin). J. Fish. Res. Board Can. 20: 1189–1195.

SHAPOVALOV, L., AND C. A. TAFT. 1954. The life histories of the steelhead rainbow trout, (*Salmo gairdneri gairdneri*) and silver salmon (*O. kisutch*) with special reference to Wadell Creek, California, and recommendations regarding their management. Calif. Dep. Fish Game Fish. Bull. 98: 375 p.

SHEPPARD, D. 1972. The present status of the steelhead trout stocks along the Pacific coast. Univ. Wash. College Fish., Manusc. Rep. 64 p.

SINCLAIR, S. 1960. License limitation — British Columbia — a method of economic fisheries management. Can. Dep. Fish.

SMITH, J. B. 1968. Former lake trout spawning grounds in Lake Huron. Ont. Dep. Lands For. Sect. Rep. (Fish.) 68: 37 p.

SMITH, M. W. 1948. Yield of speckled trout to anglers from certain lakes in New Brunswick and Nova Scotia. Fish. Res. Board Can. Prog. Rep. Atl. Coast 42: 7–10.

1951. The speckled trout fishery of Prince Edward Island. Can. Fish. Cult. 11: 1–6.

1952. Limnology and trout angling in Charlotte County lakes, New Brunswick. J. Fish. Res. Board Can. 8: 383–452.

1960. An attempt to improve trout fishing in a New Brunswick lake by deferment of opening of angling season. J. Fish. Res. Board Can. 17: 677–685.

1963. Influence of pond formation on brook trout movements and angling success. J. Fish. Res. Board Can. 20: 327-345.

1968. Fertilization and predator control to increase growth rate and yield of trout in a natural lake. J. Fish. Res. Board Can. 25: 2011–2036.

SMITH, M. W., AND W. M. CARTER. [ed.] 1973. International Atlantic Salmon Symposium. Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. (1): xi + 504 p.

SMITH, M. W., AND J. W. SAUNDERS. 1967. Movements of brook trout in relation to an artificial pond on a small stream. J. Fish. Res. Board Can. 24: 1743–1761.

1968. Effect of pond formation on catches of brook trout from a coastal stream system. J. Fish. Res. Board Can. 25: 209–238.

SMITH, S. B. 1968. Racial characteristics in stocks of anadromous rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Ph.D. Thesis. Univ. Alberta, Edmonton, Alta. 160 p.

SMITH, S. H. 1968. Species succession and fishery exploitation in the Great Lakes. J. Fish. Res. Board Can. 25: 667–693.

1972. The future of salmonid communities in the Laurentian Great Lakes. J. Fish. Res. Board Can. 29: 951–957.

SPANGLER, G. R. 1974. Mortality factors and dynamics of a Lake Huron lake whitefish population. Ph.D. Thesis. Univ. Toronto. Toronto, Ont. 87 p.

STEWART, L. 1972. Environmental engineering and monitoring in relation to salmon management. Int. Atl. Salmon Symp., Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4(1): 297–313.

STRAIGHT, W. J. 1969. Depth distribution of splake of known ability to retain swimbladder gas. M.Sc. Thesis. York Univ., Downsview, Ont. 45 p.

TAIT, J. S. 1970. A method of selecting trout hybrids (*Salvelinus fontinalis* × *S. namaycush*) for ability to retain swimbladder gas. J. Fish. Res. Board Can. 27: 39–45.

TURNER, C. E., AND K. V. ARO. 1968. Atlas of salmon catches made by longlines in the eastern North Pacific Ocean, 1961 to 1967. Fish. Res. Board Can. MS Rep. 983: 15 p. + 217 tables.

UTHE, J. F., AND R. A. RYDER. 1970. Regional variation in muscle myogen polymorphism in walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*) as related to morphology. J. Fish. Res. Board Can. 27: 923–927.

VAN OOSTEN, J. 1930. The disappearance of the Lake Erie cisco — a preliminary report. Trans. Am. Fish. Soc. 60: 204–214.

1948. Turbidity as a factor in the decline of Great Lakes fishes with special reference to Lake Erie. Trans. Am. Fish. Soc. 75: 281–322.

WAGNER, H. H. 1967. A summary of investigation of the use of hatchery-reared steelhead in the management of a sport fishery. Oregon State Univ., Oreg. State Game Comm. Res. Div. Fish. Rep. 5: 62 p.

WALTERS, C. J. 1975. Optional harvest strategies for salmon in relation to environmental variability and uncertain production parameters. J. Fish. Res. Board Can. 32: 1777–1784.

WELLS, L., AND A. L. MCLAIN. 1972. Lake Michigan: effects of exploitation, introductions and eutrophication on the salmonid community. J. Fish. Res. Board Can. 29: 889–898.

WHITE, H. C. 1940. Life history of sea-running brook trout (*Salvelinus fontinalis*) of Moser River, N.S. J. Fish. Res. Board Can. 5: 176–186.

WHITE, R. J., AND O. M. BRYNILDSON. 1967. Guidelines for management of trout stream habitat in Wisconsin. Wis. Dep. Nat. Res. Tech. Bull. 39: 65 p.

WINTERTON, G. K. 1975. Structure and movement of a spawning stock of walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*) in Georgian Bay. M.Sc. Thesis. Univ. Guelph, Guelph, Ont. 74 p.

WITHLER, F. C. 1972. Research needs for intensive management of British Columbia steelhead. Fish. Res. Board Can. Nanaimo Biol. Stn. Circ. 92: 41 p.

WITHLER, I. L. 1966. Variability in the life history characteristics of steelhead trout (*Salmo gairdneri*) along the Pacific coast of North America. J. Fish. Res. Board Can. 23: 365–393.